



II Congreso EECN

Edificios Energía Casi Nula

Madrid, 6-7 Mayo 2014

LIBRO DE COMUNICACIONES

ORGANIZA:



GRUPOTECMARED



Promueve:



Todo Sobre Construcción Sostenible

APOYO INSTITUCIONAL:



APOYO PROFESIONAL:



COAM



Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid



II Congreso EECN

Edificios Energía Casi Nula

Madrid, 6-7 Mayo 2014

LIBRO DE COMUNICACIONES

II Congreso Edificios Energía Casi Nula

6-7 Mayo 2014

Madrid

Organizado por:



GRUPOTECMARED



Editado por:

Grupo Tecma Red S.L.
C/ Jorge Juan 68, 5º Oficina 5
28009 Madrid, España
Tel: (+34) 914 31 21 06
Fax: (+34) 911 01 19 33

Email: info@grupotecmared.es
Web: www.grupotecmared.es

ISBN: AE-2014-14002976
Depósito Legal: M-9557-2014
Copyright: © 2014 Grupo Tecma Red S.L.

Todos los derechos reservados por Grupo Tecma Red S.L. Queda prohibida la reproducción total o parcial de todos los contenidos de este libro bajo cualquier método incluidos el tratamiento digital sin la previa y expresa autorización por escrito de Grupo Tecma Red S.L.

INTRODUCCIÓN

La Directiva europea 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios establece como objetivo que a más tardar el 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos de iniciativa privada tengan un consumo de energía casi nulo. Calendario que se adelanta dos años para los edificios públicos. Este ambicioso objetivo que se fija la Unión Europea en su conjunto resulta especialmente importante para España por muchos motivos.

Uno de ellos, y quizás el primero por su gran influencia en la economía de nuestro país, es nuestro elevado nivel de dependencia energética, bastante mayor que el de la media europea. Pero por otro lado, el sector de la edificación es uno de los que más peso tiene en el consumo total de energía en España y debido a la antigüedad de su construcción, se constituye a la vez como uno de los sectores con mayor potencial de ahorro. El consumo de energía final del sector ascendió, en el año 2012, a 25.546 ktep, sobre un consumo total nacional para usos energéticos de 82.991 ktep, lo que representa el 30,8% del consumo de energía final nacional para usos energéticos.

Además, es necesario resaltar que de los 25 millones de viviendas existentes en la actualidad casi el 58 % se construyó con anterioridad a la primera normativa que introdujo en España en 1979 unos criterios mínimos de eficiencia energética: la norma básica de la edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios. Por ello, el objetivo de conseguir que los edificios tengan un consumo de energía casi nulo no debe limitarse a los edificios nuevos sino que debe extenderse a la edificación existente mediante el establecimiento de objetivos ambiciosos y la instrumentación de medios que estimulen la renovación del parque edificatorio y su transformación en edificios de alta eficiencia energética.

Las administraciones tienen que jugar un papel relevante en esta importante transformación. Pruebas claras de la implicación y sensibilidad de la Administración española actual en este tema ha sido el reciente despliegue normativo aprobado en el último año, que se concreta en ejemplos como el desarrollo de una legislación básica estatal que posibilite y potencie la Rehabilitación, Regeneración y Renovación urbana desde criterios de sostenibilidad, eliminando las barreras que lastraban su desarrollo (la conocida Ley de las 3R), la también reciente actualización del Documento Básico de Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación, DBHE 2013, que eleva sensiblemente las exigencias reglamentarias establecidas en 2006, o el nuevo Real Decreto de Certificación de la Eficiencia Energética de los edificios, que junto con la puesta en marcha por ley del Informe de Evaluación de los Edificios, IEE, permitirán tener un conocimiento más preciso de la situación de ineficiencia energética del parque edificado y de su potencial de mejora.

Asimismo, promover unas políticas de incentivos se considera clave para potenciar esta renovación, por lo que desde las administraciones se están ofreciendo ayudas desde hace años para la rehabilitación. El Estado lo hace a través de los Planes Estatales de Vivienda y Rehabilitación, como el vigente que abarca el periodo 2013-2016, y que se acompaña de otros programas específicos como el PAREER del IDAE.

Pero, al margen del papel de la Administración, la consecución en tiempo debido del ambicioso objetivo planteado en la Unión Europea para 2020 de que los edificios tengan un consumo de energía casi nulo, requiere de un profundo cambio social y de mentalidad que nos afecta a todos los agentes del sector, incluidos los usuarios que deben ser capaces de valorar los beneficios de una edificación sostenible de alta eficiencia energética.

Los técnicos, como principales responsables de proyectar y construir, o en estos tiempos y de cara al futuro, en mayor medida que antes, de rehabilitar los edificios, han que ser capaces de asumir este reto y convertir la eficiencia energética en uno de los valores principales de los edificios y también de la arquitectura, utilizando todas las posibilidades que el estado de los conocimientos y de la industria de la construcción ponen actualmente a su disposición. Como aliados cuentan con los importantes avances tecnológicos que se vienen produciendo en las últimas décadas, así como los que a buen seguro se producirán de aquí a 2020, que sin duda facilitarán esta tarea.

Un elemento fundamental en esta sensibilización es el necesario intercambio de experiencias, inquietudes y sensibilidades entre todos los agentes del sector, que permitan evolucionar de una forma progresiva hacia ese nuevo escenario que se nos dibuja para el año 2020. Por ello, y sin ninguna duda este II Congreso de Edificios de Energía Casi Nula constituye un elemento de referencia, que viene a dar continuidad a la primera edición del mismo celebrada 2012, que resultó un éxito de participación y alcanzó un nivel técnico notable, sentando las bases de esta segunda edición en la que estamos seguros se va a continuar avanzando en resultados y conocimientos. Gracias a los organizadores por esta excelente iniciativa.

Madrid, Mayo 2014

Javier Martín Ramiro

Subdirector General de Arquitectura y Edificación

Ministerio de Fomento

II CONGRESO DE EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA

El II Congreso de Edificios de Energía Casi Nula, que se celebrará los días 6 y 7 de Mayo de 2014 en el marco de la Semana Internacional de la Construcción y Rehabilitación Eficiente SICRE, está consolidado como el principal Foro de encuentro profesional a nivel nacional en el que reflejar el estado actual de los Edificios de Alta Eficiencia, tanto en Obra Nueva como en Rehabilitación, y las implicaciones que supone para el sector de la edificación la adopción de las Directivas europeas relativas a la Eficiencia Energética de los Edificios.

En el Congreso se abordarán los aspectos clave que afectan a los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo en España, permitiendo al asistente conocer el espectro técnico, social y de gestión que conlleva una edificación de alta eficiencia y la forma de superar el reto de conseguir edificios que apenas consuman energía en un horizonte de menos de seis años.

Partimos del análisis de las conclusiones alcanzadas en el I Congreso Edificios Energía Casi Nula que se celebró en mayo del 2012 y el trabajo realizado en los Workshops de Edificios de Energía Casi Nula desarrollados a lo largo del 2013 para debatir la situación actual del concepto de Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo en los sectores implicados, analizar barreras y oportunidades para su desarrollo y preparar las temáticas y objetivos de cara a la celebración de este segundo Congreso.

El II Congreso Edificios Energía Casi Nula es un evento multidisciplinar dirigido a profesionales y empresas relacionados con el sector de la edificación y la energía como: Arquitectos/Ingenieros, Constructores/Promotores, Fabricantes de Materiales y Equipos, Administración Pública, I+D+i/Centros Tecnológicos/Asociaciones, Empresas Energéticas, Integradores/Instaladores, Administradores de Fincas/Usuarios/ONG y Universidades/Centros de Formación.

Las temáticas del Congreso se estructuran en ocho grandes bloques y un apartado específico de casos prácticos y proyectos europeos que dan una idea de la aplicación real que está alcanzando el concepto de Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo en nuestro entorno. Las áreas temáticas son:

- Planes, Políticas, Estrategias, Financiación y Viabilidad Económica para EECN
- Diseño y Soluciones Arquitectónicas para EECN
- Rehabilitación, Regeneración y Renovación de EECN
- Materiales y Soluciones Constructivas para EECN
- Sistemas, Equipos y Tecnologías en EECN
- Integración de Energías Renovables y generación energética autosuficiente en EECN
- Actuaciones Urbanísticas para Barrio-Ciudad de Consumo de Energía Casi Nulo.
- Gestión y Mantenimiento de EECN
- Casos Prácticos y Proyectos Europeos de EECN

Es importante conocer que, para garantizar la máxima representatividad, calidad y relevancia de los contenidos del Congreso, ha sido establecido un Comité Técnico de reconocido prestigio que ha definido el contenido del programa del II Congreso Edificios Energía Casi Nula.

Con el fin de dar respuesta al planteamiento participativo y multidisciplinar del Congreso, se ha realizado un llamamiento de comunicaciones, invitando al sector a presentar propuestas de comunicaciones. De las 120 propuestas de comunicaciones aportadas, se recibieron finalmente 105 comunicaciones finales que han sido valoradas por los miembros del Comité Técnico. De ellas 21 se presentarán oralmente en el Congreso y se publican 89 en este Libro de Comunicaciones, ordenadas primeramente por temáticas, y dentro de cada temática, por orden de llegada de las propuestas.

El II Congreso de Edificios de Energía Casi Nula está organizado conjuntamente por Grupo Tecma Red y Ministerio de Fomento, y queremos agradecer especialmente la implicación y apoyo de la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo durante estos meses de trabajo conjunto. Asimismo, dar las gracias al Ministerio de Industria, Energía y Turismo, a través del IDAE; Ministerio de Agricultura y Medioambiente, a través de la Oficina Española de Cambio Climático; y Ministerio de Economía y Competitividad, a través de su Dirección General de Innovación y Competitividad, por su inestimable colaboración a todos los niveles.

Valoramos también el Apoyo Profesional del Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España CSCAE, Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales CGCOII, Consejo General de la Arquitectura Técnica de España CGATE, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid COAM, Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid COIIM y Colegio Profesional de Administradores de Fincas de Madrid CAF Madrid, que representando a los profesionales implicados en el proceso en este II Congreso de Edificios Energía Casi Nula, demuestran la importancia que la eficiencia energética en la edificación está adquiriendo para sus respectivos colectivos.

Gracias también a todas las entidades interesadas en promover la eficiencia energética en la edificación que han querido colaborar en el Congreso: A3E, ACA, ADHAC, AEA, AEDIP, AETIR, AFEC, AFELMA, AFME, AIDICO, AIPEX, AISLA, AMI, ANAPE, ANDIMAT, ANERR, ANESE, ANFAPA, ANILED, ASA, ASEFAVE, ASHRAE, ASIT, ASPRIMA, AuS, AVS, BREEAM, BUILDING SMART SPANISH CHAPTER, AHK, CARTIF, CECU, CEDOM, CEEC, CENER, CEPCO, CNI, COGEN ESPAÑA, COIT, COITT, CONAIF, CONFEMADERA HABITAT, CONSTRUCTION21, DOMOTYS, EfenAR, EMVS, ENCUENTROS EDIFICACION, ENERGYLAB, ENERTIC, f2e, FECOTEL, FENIE, FENITEL, FUNDACIÓN CIRCE, FUNDACIÓN LABORAL DE LA CONSTRUCCIÓN, GBCE, IFMA, IMDEA ENERGIA, INNOVARCILLA, IPUR, IREC, IVE, KNX, LA CASA QUE AHORRA, LEITAT, MADRID NETWORK, MATERFAD, P.E. PASSIVHAUS, ROCA MADRID GALLERY, SECARTYS, SLOW ENERGY, TECNALIA, UNEF y WWF.

Por otra parte, y no menos importante, el Congreso ha contado con el patrocinio de las siguientes empresas y asociaciones, sin cuya aportación hubiese sido inviable la celebración de un evento de estas características con el nivel y calidad que ahora cuenta:

- Patrocinio Platino: LAFARGE ESPAÑA
- Patrocinio Oro: KNAUF INSULATION
- Patrocinio Plata: SIKA, AMBILAMP, ZEHNDER
- Patrocinio Bronce: KNAUF, KÖMMERLING, SEDIGAS, SIBER VENTILACION, TREND y JUNG

No quiero terminar sin comentar que realizar el II Congreso Edificios Energía Casi Nula y publicar este libro, no hubiera sido posible sin todos los profesionales que generosamente han querido transmitir su conocimiento a través de sus comunicaciones. Quiero también destacar mi agradecimiento especial a todos los integrantes del Comité Técnico, por el tiempo y esfuerzo que han dedicado a proponer contenidos, valorar comunicaciones y asistir a las reuniones para definir el programa del Congreso.

Y, por supuesto, también citar a los congresistas acreditados en el II Congreso Edificios Energía Casi Nula sin los que realmente éste carecería de sentido.

Finalmente, para concluir, apuntar que a pesar de la coyuntura actual, los que en estos momentos apostamos por intercambiar conocimiento y experiencias, desarrollar e integrar nuevas ideas, soluciones y productos, y sobre todo, generar redes colaborativas en torno a los Edificios y Ciudades de Consumo de Energía Casi Nulo, estaremos sin duda muy bien preparados para afrontar una evolución en el sector de la edificación llena de importantes retos y de grandes oportunidades para todos.

Espero sinceramente que el II Congreso Edificios Energía Casi Nula cumpla todas las expectativas que ha generado y sirva para afianzar las bases de un futuro mejor para todos. Gracias por vuestro apoyo, trabajo e interés.

Madrid, Mayo 2014

Inés Leal

Arquitecto

Directora del II Congreso Edificios Energía Casi Nula

Directora Editorial y Desarrollo, Grupo Tecma Red

MIEMBROS COMITÉ TÉCNICO

El Comité Técnico del II Congreso Edificios Energía Casi Nula ha sido constituido con personalidades de relevancia y representatividad en el sector de la Edificación y la Eficiencia Energética en España. Se ha conformado un grupo heterogéneo y operativo con las siguientes personas:

- **Javier Serra María-Tomé**, Coordinador Unidad Edificación Sostenible, Subdirección General de Arquitectura y Edificación, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Ministerio de Fomento
- **Luis Vega Catalán**, Consejero Técnico de Arquitectura y Sostenibilidad, Subdirección General de Arquitectura y Edificación, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Ministerio de Fomento
- **Eduardo González Fernández**, Subdirector General de Coordinación de Acciones frente al Cambio Climático, Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
- **Enrique Bailly-Bailliere Durán**, Asesor Técnico, Subdirección General de Coordinación de Acciones frente al Cambio Climático, Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
- **María Angeles Ferre González**, Subdirectora General de Cooperación Público-Privada, Dirección General de Innovación y Competitividad, Ministerio de Economía y Competitividad – MINECO
- **Fernando García Mozos**, Técnico del Departamento Doméstico y Edificios, Dirección de Ahorro y Eficiencia Energética, IDAE, Ministerio de Industria
- **Antonio Vargas Yáñez**, Decano del COA Málaga, Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España, CSCAE
- **Juan Layda Ferrer**, Consejo Superior de Colegios de Ingenieros Industriales de España /COIIM
- **Manuel Soriano Baeza**, Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid COIIM
- **Carlos Aymat Escalada**, Director del Gabinete Técnico, Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, CGATE
- **Pilar Pereda Suquet**, Secretario de la Junta de Gobierno del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, COAM
- **Ángel Ignacio Mateo Martínez**, Secretario del Colegio Profesional de Administradores de Fincas de Madrid, CAF Madrid
- **José Antonio Tenorio Ríos**, Coordinador Unidad Calidad Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, CSIC
- **Carlos de Astorza García**, Director Técnico de la Asociación de Promotores Públicos, AVS
- **Florencio Manteca González**, Director Departamento Energía Edificación, Centro Nacional Energías Renovables, CENER
- **Eneritz Barreiro Sánchez**, Unidad de Edificios y Ciudades Inteligentes, Tecnalia Research & Innovation
- **Francisco de Borja Díaz Vega**, Director de Edificación y Distribución, Lafarge España
- **Rafael Úrculo Aramburu**, Vicepresidente ASHRAE Spain
- **Eduardo Collado Fernández**, Director Técnico, Unión Española Fotovoltaica, UNEF
- **Yago Massó Moreu**, Director Técnico y Asistencia Técnica, Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes, ANDIMAT
- **Ana Etchenique Calvo**, Vicepresidenta Confederación de Consumidores y Usuarios CECU
- **Georgios Tragopoulos**, Energy Efficiency Officer, WWF España
- **José Luis López Fernández**, Coordinador Proyectos, Asociación de Ciencias Ambientales, ACA
- **Stefan Junestrand**, Director General Grupo Tecma Red
- **Inés Leal Maldonado**, Directora del Congreso de Edificios Energía casi Nula

INDICE

Planes, Políticas, Estrategias, Financiación y Viabilidad Económica para EECN

PROYECTO PRENDE - PLATAFORMA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE DISTRITOS URBANOS EFICIENTES L. Tordera, B. Fernández, Ferrovia; M. T. de Diego, M. A. Caballero, Ferconsa; C. García-Ochoa, CI3; A. Fuster, EMVS; E. Giancola, J. A. Ferrer, Ciemat; J. M. Franco, CETA; J. Royo, 3Lemon	1
UN NUEVO MODELO ENERGÉTICO PARA MADRID CAPITAL. HAGAMOS ARQUITECTURA EFICIENTE SIN HACER ARQUITECTURA J. C. Carmona, UCJC	7
PROMOCIÓN DE EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA (EECN) A TRAVÉS DE LOS PAES J. Cipriano, J. Santos López, CIMNE	11
LA CONCIENCIACIÓN SOCIAL FACTOR CLAVE PARA LA DEMANDA DE EDIFICIOS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES M. A. Soriano, Asociación Ingenieros Industriales Madrid	17
HORIZONTE ENERGÉTICO, CERCANO Y FUTURO, Y LA INFLUENCIA DE LAS NOVEDADES REGLAMENTARIAS S. Sanz, CONAIF	22
CÓMO GENERAR LA NECESIDAD DE REALIZAR UNA REHABILITACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO EN LOS CIUDADANOS: EL PROYECTO MADRID RENOVE RÍO P. Pereda, I. Leal, M. Leira, COAM	27
PROYECTO ENTRANZE: POLÍTICAS PARA REFORZAR LA TRANSICIÓN A EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO EN EUROPA M. Fernández, I. Díaz, CENER	33
SUPERMERCADO EROSKI CERO EMISIONES, EL PRIMER MODELO DE TIENDA 100% SOSTENIBLE CON UN BALANCE NEUTRO EN EMISIONES DE CO2 G. Artabe, Eroski	39

Diseño y Soluciones Arquitectónicas para EECN

ESTRATEGIA ENERGÉTICA PARA EECN EN CLIMAS TEMPLADOS L. Grau, Arquitecto	47
LA GEOTERMIA AIRE-SUELO. TUBOS CANADIENSES. CASO DE ÉXITO EN EL EDIFICIO CERO EMISIONES. ZARAGOZA O. Caballero, Zeroaplus; M. Sánchez, Interventgroup	53
¿CUÁNTA ENERGÍA CONSUME SU EDIFICIO, MR. FOSTER? DEL DBHE 2013 AL EDIFICIO DE ENERGÍA CASI NULA P. A. Díaz, Universidad Católica de Murcia y COAMU; A. Allepuz, Universidad de Alicante	59
REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA MEDIANTE UN USO SOSTENIBLE DEL AGUA. AGUA Y ENERGÍA, UN BINOMIO INDISOLUBLE L. Martín, H2O Hidrología Sostenible	64
EDIFICIO SEMINARIOS INCUBE DE GRAN CANARIA. SOLUCIONES ARQUITECTÓNICAS DE MÍNIMA DEMANDA ENERGÉTICA P. N. Romera, Romera y Ruiz Arquitectos; A. Ruiz, Arquitecto; J. Hernández, Colaborador técnico; R. Narbona, Colaborador técnico; P. Cabrera, Colaborador técnico; L. Jarauta, Casa Bioclimática; J. M. Riba, Jurado Premios Endesa	67
ESTUDIO Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN SOBRE LA ENVOLVENTE EN ESTABLECIMIENTOS HOTELEROS PARA UNA MEJORA SIGNIFICATIVA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA J. M. Labazuy, EFIESPAI; A. López, SOMFY; A. Peral, REYNAERS; M. Torralba, STO Ibérica	73
UNPLUGGED. CON UNA DEMANDA LÍMITE COMO OBJETIVO EL SOFTWARE NO SIRVE PARA ANTICIPARSE. MAPAS Y NÚMEROS GORDOS COMO HERRAMIENTAS PREVIAS P. Ramírez, Arquitecto	79
EL PAPEL DE LA INERCIA TÉRMICA EN LA REFRIGERACIÓN PASIVA DE EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA EN CLIMAS CÁLIDOS: CASO DE ESTUDIO DE UN HOTEL EN TARRAGONA O. Style, ProGETIC	85
ESTUDIO TEÓRICO DE LAS MEJORAS NECESARIAS PARA CONSEGUIR UN EECN RESIDENCIAL COLECTIVO A PARTIR DEL CTE 2006 EN LAS ZONAS CLIMÁTICAS C1 Y D1 J. M. Hidalgo, E. Iribar, I. Ruiz de Vergara, M. Odriozola, I. Flores, C. Escudero, J. A. Millán, UPV/EHU; C. García-Gáfaró, Gobierno Vasco	91
INCIDENCIA DE LOS PUENTES TÉRMICOS EN EDIFICIO REHABILITADO DE ENERGÍA CASI NULA E. Iribar, C. Escudero, K. Martín, J. Teres-Zubiaga, A. Campos-Celador, J. M. Hidalgo, I. Ruiz de Vergara, I. Flores, UPV/EHU; C. García-Gáfaró, Gobierno Vasco	97

REPERCUSIÓN DEL AGUA EN LOS EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO A. Martínez, F. J. López, UDC	103
Rehabilitación, Regeneración y Renovación de EECN	
REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE ESQUELETOS ESTRUCTURALES A. I. Menéndez, I. Menéndez, EFINCO, S.L.	109
LA TIPOLOGÍA DE VIVIENDA ADOSADA Y EECN: ANÁLISIS, METODOLOGÍA Y APLICACIÓN PRÁCTICA J. Ruipérez, O. Cuevas, AEXERGIA.com	114
CÓMO REALIZAR UNA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA INTEGRAL DE UN EDIFICIO PARA CONSEGUIR QUE SU CONSUMO DE ENERGÍAS SEA CASI NULO. PREI J. C. Greciano, Anerr / Ingeniae	120
EDIFICIOS DE ECN MEDIANTE EL SISTEMA COMBINADO DE INYECCIÓN EN CÁMARA Y SOLUCIÓN DE PUENTES TÉRMICOS. DEMOSTRADOR A ESCALA REAL: EDIFICIO DE VIVIENDAS B. Hernández, S. Rodríguez, E. Delgado, C. Contreras, S. Vega, UPM; A. Pallarés, Saint Gobain ISOVER	126
ANÁLISIS DE LA ESTANQUEIDAD AL AIRE EN LA CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS DE VIVIENDAS A. Jiménez, P. E. Branchi, ACR Grupo	131
EL CONCEPTO COSTE-EFICIENCIA EECN APLICADO A ESCALA DE BARRIO EN EL NUEVO MARCO LEGISLATIVO ESPAÑOL DE REHABILITACIÓN, REGENERACIÓN Y RENOVACIÓN URBANA S. Moreno, F. J. González, A. Gómez, UEM	137
ILUMINACIÓN EFICIENTE EN LA REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS O. Leyún, J. Jurdado, Philips Ibérica	143
VIABILIDAD ECONÓMICA Y SOCIAL DE LA REHABILITACIÓN INTEGRAL. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN PARA UNA TORRE DE VIVIENDAS DE LOS AÑOS 60 I. Mardaras, Ayuntamiento de San Sebastián; V. Iglesias, Arquitecto; J. Pacheco, Arquitecto; I. Vilanova, Arquitecto	148
REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS Y DISTRITOS PÚBLICOS EUROPEOS MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE NUEVOS DESARROLLOS DE PRODUCTO A. Uriarte, E. Barreiro, V. Sánchez, B. Tellado, TECNALIA Research & Innovation	154
REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO DE OFICINAS: HACIA UN NUEVO EDIFICIO DE CONSUMO CASI O DE ENERGÍA F. Pich-Aguilera, P. Casaldaliga, J. Camps, Pich-Aguilera Architects	160
Materiales y Soluciones Constructivas para EECN	
ARQUITECTURA AVANZADA DE RESIDUOS CERO M. A. Díaz, Universidad Camilo José Cela	167
MEJORA ENERGÉTICA DE LA ENVOLVENTE. FACHADA VENTILADA O SIN VENTILAR P. Maroto, Knauf	173
SOLUCIÓN PARA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS A TRAVÉS DE SU ENVOLVENTE TÉRMICA. AISLAMIENTO TERMO-ACÚSTICO INSUFLADO CON LANA MINERAL VIRGEN L. Pozo, Knauf Insulation	179
LA INDUSTRIA DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) ESTÁ PREPARADA PARA AISLAR EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO R. López de la Banda, ANAPE	185
SOLUCIONES INNOVADORAS DE AISLAMIENTO SOSTENIBLE PARA EL DISEÑO DE EECN - CASOS PRÁCTICOS N. Bermejo, Saint-Gobain Isover	190
PIEL DE HORMIGÓN PARA EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA C. Zorzano, Arquitecto; P. P. Zorzano, Arquitecto Técnico; D. Zorzano, Arquitecto	196
REDUCCIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA ASOCIADA A CARGAS DE VENTILACIÓN MEDIANTE SISTEMAS DE PRETRATAMIENTO DE AIRE Y MEJORA DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN EL SECTOR RESIDENCIAL S. Rodríguez, B. Hernández, E. Delgado, S. Vega, C. Acha, UPM; A. Somolinos, Saint Gobain Placo	201
RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE HERMETICIDAD (BLOWER DOOR) DEL PROYECTO PREI DE ANERR DEL BARRIO DE FUENCARRAL S. Melgosa, eBuilding	206
MÁS ALLÁ DEL EDIFICIO DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO, HALLANDO LA HUELLA DE CARBONO DEL EDIFICIO A. B. de Isla, E. Macho, F. Plaza, M. Ruedas, LKS INGENIERIA; A. de la Puente, I. Trabudua, F. Campo, ECOINGENIUM; E. Puerto, S. Olmo, PACAY	211

EFFECTO DE LA PARAFINA MICROENCAPSULADA COMO MATERIAL DE CAMBIO DE FASE EN EL MORTERO DE CAL AÉREA I. Cebrían, UPM	217
LARIXHAUS: APLICACIÓN DE UN SISTEMA PREFABRICADO CON ENTRAMADO DE MADERA PARA EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA O. Style, Progetic; A. Fargas, Farhaus; M. García, Klimark	222
CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DE FACHADAS ACTIVAS EN CONDICIONES AMBIENTALES REALES POR MEDIO DE CÉLULAS DE ENSAYO PASLINK C. García-Gáfaró, I. Ruíz de Vergara, I. Flores, C. Escudero, J. M. Hidalgo, E. Iribar, UPV/EHU	228

Sistemas, Equipos y Tecnologías en EECN

CALIDAD DEL AIRE INTERIOR Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS ENERGÍA CASI NULA (EJEMPLO DE REHABILITACIÓN EN EDIFICIO TERCIARIO) S. Pascual, B. Mogas, Siber Zone	235
MYECOHOUSE: INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA MAXIMIZAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA J. Janssen, IAPsolutions	241
APORTACIÓN DE LA DOMÓTICA E INMÓTICA EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS Y EDIFICIOS O. Querol, CEDOM	246
MEDICIÓN CONTINUA DEL CONSUMO ENERGÉTICO. UN FACTOR CLAVE PARA EL AHORRO A. Moreno, Jung Electro Ibérica	252
SISTEMA DE COGENERACIÓN BASADO EN UN SISTEMA DE PILA DE COMBUSTIBLE DE CARBONATOS FUNDIDOS PARA ABASTECER LAS NECESIDADES DE EDIFICIOS Y DISTRITOS P. Sánchez, V. Mesa, Abengoa Hidrógeno	257
DOMÓTICA Y AUTOMATIZACIÓN APLICADA EN EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA J. Carles Reviejo, Domintell España	263
IMPORTANCIA DE LOS ELEMENTOS TERMINALES PARA LOS EECN; LA TECNOLOGÍA RADIANTE, REQUISITOS Y BENEFICIOS E. Tarraga, L. Prados, Luis Jordán, 4eclima	269
"OVERVIEW" DE LAS EDIFICACIONES EN ESPAÑA QUE SE AUTOPROCLAMAN SOSTENIBLES J. M. Riba, X. Millet, F. Guisán, L. Jarauta, A. Trias, Arquitecto, Comité Técnico Casa Bioclimática	275
42 VIVIENDAS DE L'HOSPITALET, PRIMER EDIFICIO RESIDENCIAL EN ESPAÑA EN OBTENER LA CERTIFICACIÓN LEED ORO/PLATINUM V. Moure, Schneider Electric; I. de Ros Viader, AdR Ingeniería	281
HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS ENERGÉTICOS M. Villa, UPC; M. Cruz, J. Salom, A. Sumper, IREC	284
GEOTERMIA + VENTILACIÓN CON RECUPERACIÓN DE CALOR PARA BLOQUE DE 80 VIVIENDAS EN MADRID G. Almendariz, Vaillant	290
INTEGRACIÓN DE GEOTERMIA POR AIRE Y GEOTERMIA POR AGUA EN UN EDIFICIO DE OFICINAS DE TARRAGONA CON FORJADO RADIANTE E. Palomo, J. Cubedo, Industrias REHAU	294
SOLUCIÓN DE BASEN DE MONITORIZACIÓN DE CASAS DE ENERGÍA CERO V. Gil, BaseN	300
¿CÓMO PUEDEN REDUCIR LOS SISTEMAS DE CONTROL LA FACTURA ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS? J. Bermúdez, Trend Controls	305
ILUMINACIÓN NATURAL Y EFICIENCIA ENERGÉTICA. INSTALACIÓN EN TALLER DE FERROCARRILES DE LA GENERALITAT VALENCIANA I. Reviriego, D. Sánchez-Largo, LLEDó Energía; S. De la Torre, LLEDó Iluminación	311

Integración de Energías Renovables y generación energética autosuficiente en EECN

ESPAIZERO, PRIMER CENTRO ESTATAL 100% AUTOSUFICIENTE ENERGÉTICAMENTE A TRAVÉS DE ENERGÍAS RENOVABLES F. Comino, Wattia Innova S.L.	317
INTERACCIÓN CON LA RED EN EDIFICIOS DE ENERGÍA CERO. RESULTADOS DE LA TAREA INTERNACIONAL "ZERO SOLAR ENERGY BUILDINGS" J. Salom, M. L. González, IREC	323

SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA BASADO EN HIDRÓGENO	330
V. Mesa, C. Lucero, P. Sánchez, M. T. Escudero, M. Maynar, Abengoa Hidrógeno	
SOLUCIONES DE INTEGRACIÓN FOTOVOLTAICA EN EDIFICIOS: HACIA EDIFICIOS DE BALANCE ENERGÉTICO CERO	335
L. Fernández, T. del Caño, D. Valencia, L. Casado, C. Fernández, I. Sánchez, Onyx Solar	
AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICO	339
N. Sanglas, F. Filiberto, SMA Ibérica Tecnología Solar S.L.U.	
INTEGRACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS EDIFICIOS CON VALORES PATRIMONIALES ARQUITECTÓNICOS	344
D. Mencías, J. A. Meneses, ETSAM – UPM; M. Arroba, J. de Andrés, IE Universidad	
Actuaciones Urbanísticas para Barrio-Ciudad de Consumo de Energía Casi Nulo	
BALANCE NETO EN LAS NUEVAS IMPLANTACIONES URBANÍSTICAS. EL CAMINO PARA GARANTIZAR EL CONSUMO CASI NULO EN EDIFICIOS	349
F. Aranda, Generalitat de Catalunya	
ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD DE PLANEAMIENTOS Y ACTUACIONES URBANÍSTICAS. HERRAMIENTA SOS-PAUS	353
I. Fernández, econstruye - Soluciones Ecológicas para Construcción	
METODOLOGÍA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA HACIA DISTRITOS RESIDENCIALES DE ENERGÍA CASI NULA. APLICACIÓN AL BARRIO DEL CUATRO DE MARZO (VALLADOLID)	360
M. A. García-Fuentes, A. Vasallo, R. García-Pajares, A. Martín, Fundación CARTIF; C. Pujols, ACCIONA Infraestructuras	
REHABILITACIÓN ENERGÉTICA BARRIO DE LOURDES, EN TUDELA. PREMIO A LA “REHABILITACIÓN INMOBILIARIA MÁS SOSTENIBLE” DE LA VI EDICIÓN PREMIOS ENDESA	366
J. M. Riba, L. Jarauta, Casa Bioclimática; F. Orgambide, Arquitecto; A. Margallo, Arquitecto; M. Abat, R. Alegría, G. Molpeceres, I. de Rosendo, LKS Ingeniería; L. Casado, M. I. Echave, Ayuntamiento de Tudela	
L’HDC, EL INDICADOR DE HUELLA DE CARBONO DE LA CIUDAD DE L’HOSPITALET, BARCELONA	371
S. Lopez-Grado, B. Atienza, S. Pinto, M. de Zarobe, J. Rufas Rivas, Ayuntamiento de L'Hospitalet	
TRANSITANDO HACIA ECONOMÍAS DE BAJO CARBONO: EURBANLAB Y EL SISTEMA B4U PARA LA ACELERACIÓN DE PROCESOS DE INNOVACIÓN Y DE RENOVACIÓN URBANA	376
P. Bosh, TNO (Holanda); C. Mateo, A. Fernández, Instituto Valenciano de la Edificación, UEV	
Gestión y Mantenimiento de EECN	
LA INMÓTICA COMO SOLUCIÓN EFICIENTE PARA LA GESTIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS	383
A. Gutiérrez, A. García, L. Albert, Prodisai Technologies S.L.	
GESTIÓN INTELIGENTE DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO: IGREEN INBUILDING SMART GRID	388
C. Sáez, Euroconsult	
PARÁMETROS TÉCNICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE UN ALGORITMO DE OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA	394
D. Mencías, J. A. Meneses, ETSAM – UPM; M. Arroba, J. de Andrés, IE Universidad	
CABEZALES ELECTRÓNICOS RADIOFRECUENCIA: AHORRO Y CONFORT EN EDIFICIOS DE USO TERCIARIO	398
J. Saiz, 4U Control	
MEDIR NO ES SUFICIENTE. MEDICIÓN Y CONTROL PARA LA OPTIMIZACIÓN DE INSTALACIONES	403
E. Cuenca, OpenDomo	
Casos Prácticos y Proyectos Europeos de EECN	
PROYECTO NEHOGAR: SISTEMA CONSTRUCTIVO PARA EL CUMPLIMIENTO DEL HORIZONTE 20 MARCADO POR LA CE	407
A. I. Menéndez, I. Menéndez, EFINCO	
TORRE AUDITORI PORTA FIRAL DE IBERDROLA. ICONO DE EDIFICIOS DE OFICINAS DE ENERGÍA CASI NULA A GRAN ALTURA	412
V. Moreno, A. Roca, ISOLANA Ahorro Energético; M. A. Menéndez, Iberdrola Inmobiliaria, S.A.U.	
CASA PASIVA ENTREENCINAS: CERTIFICADA POR EL PASSIVHAUS INSTITUT CON CRITERIOS DE BIOCONSTRUCCIÓN EN ASTURIAS	418
A. Zamora, I. G. Duque, DUQUEYAMORA arquitectos	
EDIFICIO DE ENERGÍA CASI NULA CON INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES Y GENERACIÓN ENERGÉTICA AUTOSUFICIENTE PARA EL SECTOR TERCIARIO: EDIFICIO LUCIA	424
F. Valbuena, Universidad de Valladolid; M. J. González, Torre de Comares Arquitectos	
EDIFICIO ZERO 2020. PROMOCIÓN PRIVADA DE 71 VIVIENDAS VPO EN PAMPLONA CON OBJETIVO DE ESTÁNDARES EECN	431
J. Domeño, Construcciones Domeño; E. Linzoain, P. L. Calleja, ATEC; F. Manteca, S. Diaz, CENER	

EJEMPLO DE HIBRIDACIÓN Y DATOS REALES DE CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIO RESIDENCIAL J. M. Escalante, Escalante arquitectos; D. González, Saunier Duval; A. Talpeanu, ISB Sol	438
EL EDIFICIO CIRCE II: DEMOSTRADOR DE EFICIENCIA EN EL MARCO DEL PROYECTO NEED4B M. Izquierdo, A. Aranda, I. Zabalza, E. Calvo, CIRCE; J. Guillén, IDOM; A. Lorén, A. Morón, A. Villanueva, J. Á. Ruiz, O. Mestre, IDOM-ACXT; A. Llombart, Universidad de Zaragoza	443
ESTRATEGIAS Y RESULTADOS ENERGÉTICOS COMPARADOS EN EDIFICACIÓN SINGULAR A. Génova, V. Cabrera, Bovis	450
REALIDAD SOCIAL DE UNA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA CASI NULA (ELIH-MED, EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS VIVIENDAS DE BAJAS RENTAS (LIH) EN EL ÁREA MED) I. Luque, J. Switters, Observatorio Medio Ambiente Urbano (OMAU) Málaga	456
EL PROYECTO BRICKER: ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN PARA LA DISMINUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EDIFICIOS PÚBLICOS J. M. Maseda, F. Rodríguez, Tecnalia Research & Innovation	462
PROYECTOS TABULA Y EPISCOPE: CARACTERIZACIÓN DEL PARQUE CONSTRUIDO COMO HERRAMIENTA PARA EL DESARROLLO DE POLÍTICAS DE REHABILITACIÓN EFECTIVAS B. Serrano, S. García- Prieto, L. Soto, L. Ortega, Instituto Valenciano de la Edificación (IVE)	466
PROYECTO EUROPEO POWER HOUSE NZEB CHALLENGE. ESTUDIO DE CASO PILOTO B. Serrano, L. Ortega, S. García-Prieto, L. Soto, Instituto Valenciano de la Edificación (IVE)	472
HERRAMIENTA ENERBUILCA PARA EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE EDIFICIOS Y SU ADAPTACIÓN AL CONTEXTO URBANO M. Isasa, C. Gazulla, ESCI-UPF; I. Zabalza, D. A. Zambrana, CIRCE; P. Partidario, LNEG; L. Duclos, Nobatek- Centre de Ressources Technologiques; X. Oregi, Tecnalia Research & Innovation	479
ESTUDIO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE FACHADA DE BLOQUES RESIDENCIALES EN MADRID. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS Y VIABILIDAD ECONÓMICA PARA SU REHABILITACIÓN ENERGÉTICA M. Mañanas, Arquitecto	485
LA PORCIÚNCULA: UN HOGAR ENERPHIT PARA LA COMUNIDAD TERAPÉUTICA “LA SANTINA” M. Galán, D. Menéndez, B. Viejo, AIUArquitectura; J. A. Almagro, ESFER; J. F. Álvarez, GEORENOVA	492
EPBD (DIRECTIVA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS). ¿EVOLUCIÓN O REVOLUCIÓN? I. Alomar, O. Severini, J. Daclin, Deerns	498

CONSTRUIR MEJORES CIUDADES

En 2050, el 70% de la población mundial vivirá en ciudades. En el caso de España, además, un 50% de nuestros edificios tiene más de 30 años, por lo que la rehabilitación se plantea como uno de nuestros grandes retos. Para hacer frente a estas necesidades, nuestras innovadoras soluciones contribuyen a construir mejores ciudades haciéndolas más acogedoras, más compactas, más duraderas, más estéticas y mejor conectadas. Grupo Lafarge, uno de los mayores productores de cemento, áridos y hormigón para la construcción, opera en 62 países.



Hacer esto
con un
fluorescente
fundido



NO te
ayudará en
tu trabajo

Pero SÍ
reciclarlo.



BAJO CONSUMO



FLUORESCENTES



LEDS RETROFIT



LUMINARIAS



- ✓ Damos solución a todos tus residuos de iluminación
- ✓ Contenedores específicos para recogida continua
- ✓ Recogidas puntuales a petición
- ✓ Separación en origen lámpara-luminaria y certificados de recogidas
- ✓ Y todo esto sin ningún tipo de coste, totalmente gratis



Incluso un pequeño paso puede marcar una gran diferencia



Patrocinador ORO



II Congreso EECN
Edificios Energía Casi Nula
Madrid, 6-7 Mayo 2014



global
insulation

1er Premio Mundial
Producto sostenible del año



1er Premio
Producto más innovador



OKO-TEST
sehr gut
Ausgabe: 10/2009
Producto
excelente

HOME BUILDERS
EXECUTIVE

1er Premio
Categoría "Batt Insulation"

ecohome

Top 10
Editor's Choice Award

Como compañía de aislamiento de más rápido crecimiento, jugamos un importante papel en sostenibilidad. Constantemente trabajamos para reducir el impacto medioambiental de nuestra producción, a la vez que mejoramos la calidad de nuestros productos. Nuestra E Technology™, tecnología de resina libre de formaldehídos, es un ejemplo de ello. Junto a nuestros clientes, vamos hacia los mejores resultados posibles en eficiencia energética... es lo que nos motiva.



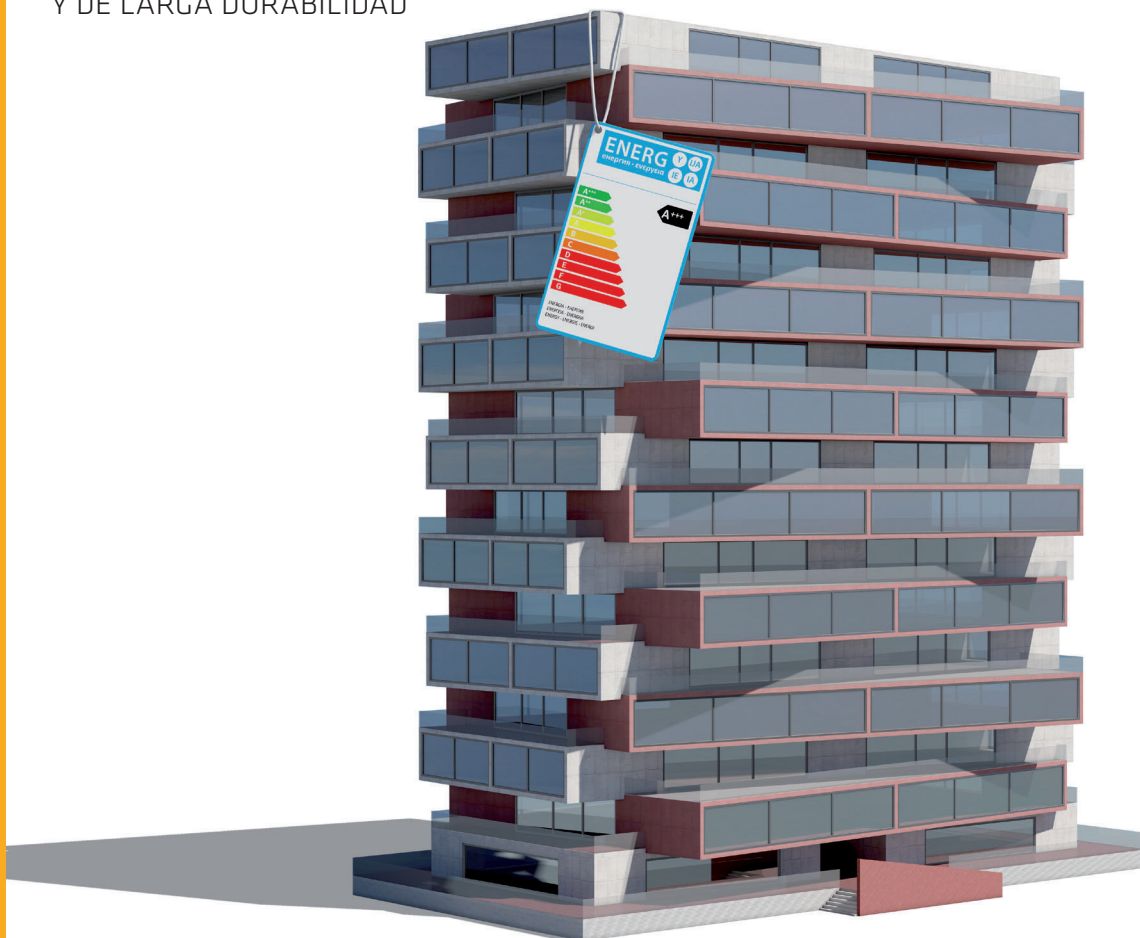
www.knaufinsulation.es

KNAUFINSULATION
¡Ya es hora de ahorrar energía!



SikaHyflex® CONVIERTE SU EDIFICIO EN EFICIENTE ENERGÉTICAMENTE

SikaHyflex® gama de SELLADORES PARA UNA CONSTRUCCIÓN IMPERMEABLE Y DE LARGA DURABILIDAD



Globalmente, los requisitos del crecimiento para ahorro de energía y para utilizar recursos naturales de forma eficiente son los mayores factores conductores para el desarrollo de fachadas, ventanas y del envoltente completo del edificio.

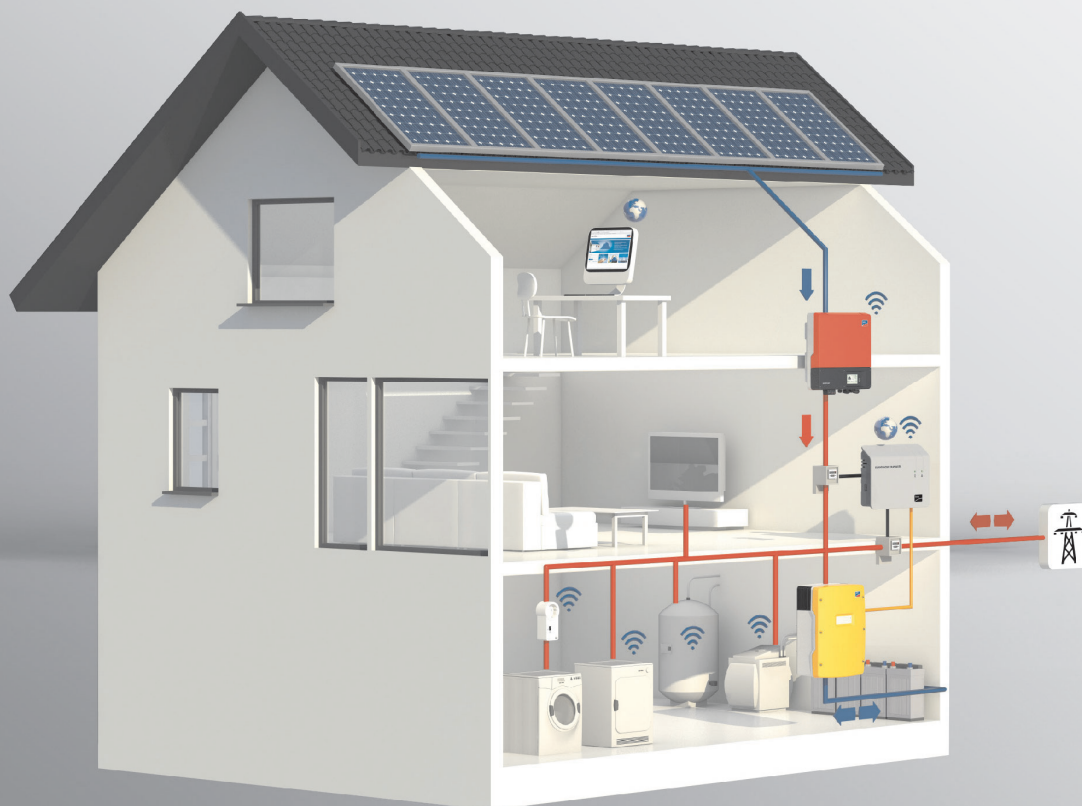
Con el uso del SikaHyflex® - gama de selladores para juntas de fachadas y cubiertas, impermeables y de larga durabilidad y sobre todo tipo de materiales, se asegura la mejora significativa de la eficiencia energética de los edificios. www.sika.es



www.sika.es

BUILDING TRUST





SMA SE SUMA A LA REVOLUCIÓN ENERGÉTICA

Lo que se creía imposible hace unos años es hoy una realidad: el autoconsumo fotovoltaico.

La capacidad de producir, gestionar y consumir la energía generada mediante energía fotovoltaica, ya sea con o sin acumulación de la misma, de una manera sencilla, limpia y rentable. Tanto para viviendas residenciales como para hoteles, negocios o industrias.

SMA dispone del inversor adecuado para su instalación de autoconsumo.

SMA Ibérica Tecnología Solar, S.L.U.

Tel. 902 14 24 24

Info@SMA-Iberica.com

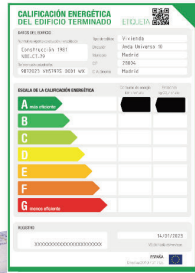
www.SMA-Iberica.com

**ENERGY
THAT
CHANGES**



Si busca una **A** en su proyecto...

Hoy la Certificación Energética de Edificios es una realidad tanto en las obras nuevas como en los proyectos de rehabilitación de una vivienda y las ventanas son uno de los elementos clave para conseguir una buena certificación energética.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS SISTEMAS KÖMMERLING:

- Sistema de perfiles EuroFutur Elegance valor $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Sistema de persiana RolaPlus valor $U=1,12 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Permeabilidad al Aire CLASE 4, incluyendo la persiana RolaPlus
- Estanqueidad al Agua E1350
- Resistencia al Viento C5
- Reducción Acústica a partir de 33 dB



... ponga una **A** en sus ventanas

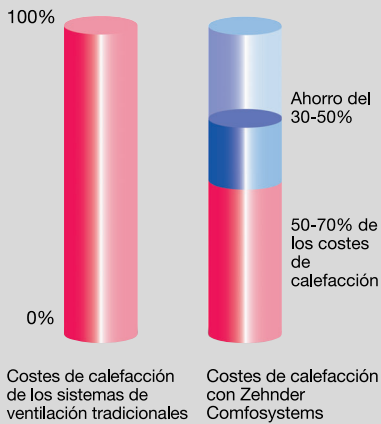
Sustituyendo unas ventanas metálicas convencionales por unas ventanas con el sistema EuroFutur Elegance y vidrio B.E. se pueden **alcanzar reducciones de la demanda energética del orden del 30%** en la mayoría de las zonas climáticas*.

*Ver "Estudio de Mejora de la Eficiencia Energética por Renovación de Ventanas" (ANDIMAT, Diciembre 2012) en www.kommerling.es/biblioteca/estudio



KÖMMERLING®
Sistemas de ventanas

Ahorro energético



La recuperación del calor de ventilación, de hasta el 95% y el uso de energías renovables permiten un ahorro significativo tanto en lo económico como en emisiones:

- Ahorro energético de hasta el 50%
- Recuperación del calor del 95%
- Uso de energías renovables

Salud

- Nivel de CO₂ óptimo
- Antialérgico; filtra la entrada de polen y otros alérgicos
- Expulsa sustancias nocivas (VOC's)
- Previene la formación de moho

Confort

- Suministro permanente de aire fresco y limpio:
 - Sin olores
 - Sin polvo exterior
 - Sin ruido exterior



Certificados



PassivHaus



Calefacción

Refrigeración

Aire fresco

Aire limpio

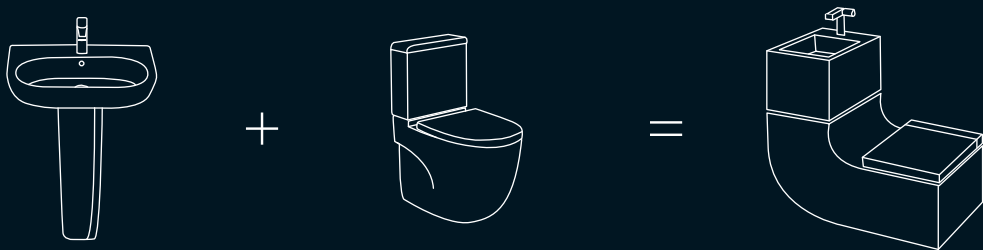
Muy Alta Eficiencia Energética. La incidencia que tiene la ventilación sobre el gasto energético de una vivienda hoy en día es tremendamente importante. Recuperar el calor del aire de ventilación puede reducir el consumo de la vivienda entre un 30% y un 50%. Esto es posible utilizando recuperadores de calor de muy alta eficiencia.

Ambiente Saludable. Respirar diariamente los contaminantes, polen, polvo, etc. que contiene el ambiente exterior es fuente de problemas de salud que crecen día a día. La población en general sufre de reducción en la esperanza de vida; mayor reducción en función de la peor calidad del aire respirado.

Zehnder Group Ibérica IC, S.A.
T. 902 111 309. www.zehnder.eu
Runtal y Zehnder son marcas de Zehnder Group

always
around you

zehnder



DISEÑO + SOSTENIBILIDAD = W + W

W+W es el resultado de la ambición de Roca a la hora de incorporar soluciones nuevas, únicas e innovadoras en los espacios de baño. Una solución que combina diseño y sostenibilidad al unir el inodoro y el lavabo en una sola pieza. Su sorprendente diseño lo hace ideal para espacios reducidos, pero su gran aportación es la tecnología que permite reutilizar el agua usada en el lavabo para llenar la cisterna del inodoro. Un producto único que Roca ha hecho realidad.

Roca

PROYECTO PRENDE - PLATAFORMA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE DISTRITOS URBANOS EFICIENTES

Laura Tordera, Proyectos Internacionales - Departamento I+D+i, Ferrovial
Bárbara Fernández, Innovación y Procesos de Negocio, Ferrovial
Maria Teresa de Diego, Rehabilitación urbana, Ferconsa
Maria Angeles Caballero, Rehabilitación urbana, Ferconsa
Cristina García-Ochoa, Proyectos de Innovación, CI3
Almudena Fuster, Dpto Innovación - Dirección Rehabilitación y Servicios Sociales, EMVS
Emanuela Giancola, Análisis Energéticos en Edificación, Ciemat
Jose Antonio Ferrer, Análisis Energéticos en Edificación, Ciemat
Jose Miguel Franco, Investigador, CETA
Juan Royo, Economista, 3Lemon

Resumen: El proyecto PRENDE, consiste en la creación de un servicio orientado al ciudadano y ofrecido mediante herramientas TIC de fácil acceso y manejo, mediante el cual se informe y aumente el interés de los vecinos por mejorar la eficiencia energética de su distrito a través de la rehabilitación energética de los inmuebles y la recomendación de buenas prácticas. Uno de los retos fundamentales es integrar al ciudadano en el proceso de rehabilitación, en concienciarle de la necesidad y beneficios que supone mejorar la eficiencia energética de su vivienda. El servicio PRENDE se apoya en una plataforma informática que será la referencia para obtener información en materia de rehabilitación energética.

Palabras Claves: Ahorro Energético, Certificación Energética, Distritos Urbanos Eficientes, Eficiencia Energética, Metodología Integradora, Rehabilitación Energética, Simulación Energética, TIC

ANTECEDENTES

La iniciativa desarrollada mediante el proyecto PRENDE da respuesta al problema energético y las consecuencias medioambientales a las que se enfrenta la sociedad actual. Las ciudades consumen aproximadamente dos tercios de la energía mundial, lo que representa más del 70% de las emisiones globales de CO₂. La disminución del consumo de energía supone un requisito fundamental desde el punto de vista medioambiental, pero también desde el económico, ya que un menor consumo energético se traduce en un ahorro para el ciudadano quien además contribuye así al desarrollo sostenible de la ciudad.



Figura 1. Colaboradores Proyecto Prende.

Las nuevas normativas en materia de eficiencia energética están enfocadas a promover la rehabilitación de viviendas y edificios garantizando la sostenibilidad de la ciudad y el bienestar de los ciudadanos. Estas normas se apoyan en distintos programas de ayudas y subvenciones que facilitan la realización de las obras necesarias para **alcanzar un comportamiento energéticamente eficaz de los inmuebles.**

En la actualidad existen soluciones tecnológicas y constructivas para abordar proyectos de rehabilitación energética complejos, pero los resultados reales en términos de eficiencia económica y energética no han sido suficientemente monitorizados y validados, lo que ha generado incertidumbre en una situación económica complicada.

Todo esto, sumado a la gran cantidad, variedad y complejidad de las normativas, ayudas y deducciones fiscales que están relacionadas con los inmuebles y la rehabilitación energética en cada área del

territorio español, hacen tremendamente difícil para los ciudadanos localizar, entender y utilizar los medios disponibles para embarcarse en un proceso de rehabilitación de su vivienda.

El proyecto PRENDE se pone en marcha con la firme intención de demostrar la existencia de soluciones a estos inconvenientes, traduciéndose en una aportación relevante que contribuya de forma decisiva a que el **sector de la rehabilitación** se convierta en una **realidad tangible** a medio plazo.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto PRENDE, desarrolla un **servicio orientado al ciudadano** mediante herramientas TIC (Tecnologías de Información y Comunicación) de fácil acceso y manejo, necesario para informar e **incentivar el interés de los vecinos**, a escala barrio, por **mejorar la eficiencia energética de su distrito** a través de la **rehabilitación energética** de los inmuebles y la recomendación de buenas prácticas. Forma parte del Programa INNPACTO, convocado por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España, dentro de la línea de articulación e internacionalización del Sistema de I+D+i, en el sector temático de “Energía”.



Figura 2. Logo Proyecto Prende.

METODOLOGÍA

El proyecto PRENDE aborda la problemática de la rehabilitación energética desarrollando y aplicando una **metodología integradora**, fundamentada en aspectos propios de distintas disciplinas, para implantar una estrategia dinamizadora y de comunicación **totalmente orientada al ciudadano**.

Esta metodología permite generar una **estrategia Design Thinking** y un plan de comunicación, **basado en acciones y medios no convencionales** (desde el street marketing a las redes sociales) que se monitorizan a través de indicadores diseñados al efecto. La aplicación de este tipo de actuaciones, dentro del ámbito de rehabilitación y eficiencia energética, y la medición y caracterización de los resultados originados por las diferentes acciones, supone una novedad en campañas de este tipo y una **innovación en el sector de la rehabilitación**.



Figura 3. Logo Tu Casa.

El servicio PRENDE se apoya en herramientas TIC, mediante el desarrollo de una plataforma informática cuyo **aspecto innovador se centra en la arquitectura software del sistema**, en el compendio de información a ofrecer, así como en las técnicas empleadas en la promoción del servicio. Dicha arquitectura tiene acceso a datos originales (infografías, tipologías) o calculados (previamente) y, en base a las peticiones del usuario, genera, en un tiempo de respuesta aceptable, nuevos cálculos que tienen en cuenta el entorno, así como parámetros obtenidos por simulaciones anteriores.

Esta plataforma aspira a ser la **referencia para obtener información** de interés en materia de **rehabilitación energética**. En ella pueden consultarse desde normativas y ayudas hasta eventos

relacionados con la temática, pasando por **herramientas de simulación** que evalúan de forma cualitativa las mejoras energéticas que una vivienda obtendría y recomiendan la mejor opción para su rehabilitación. Se ofrecerán también **consejos y buenas prácticas** para orientar a los ciudadanos en cómo mejorar sus hábitos de consumo energético.

El siguiente esquema refleja la interrelación entre las distintas actividades del proyecto y la plataforma web del servicio PRENDE, el cual está integrado por varios elementos representados por óvalos. De todos ellos, la **plataforma web** es el elemento central que servirá como **herramienta principal para la prestación del servicio**. El resto de componentes del mismo se organizan en tres grandes grupos según estén clasificados como **actividades de difusión, estrategias de dinamización o herramientas de información** sobre rehabilitación energética. Cada uno de estos elementos está vinculado en mayor o menor medida con la plataforma web, en función de cómo se ofrecen a los ciudadanos.

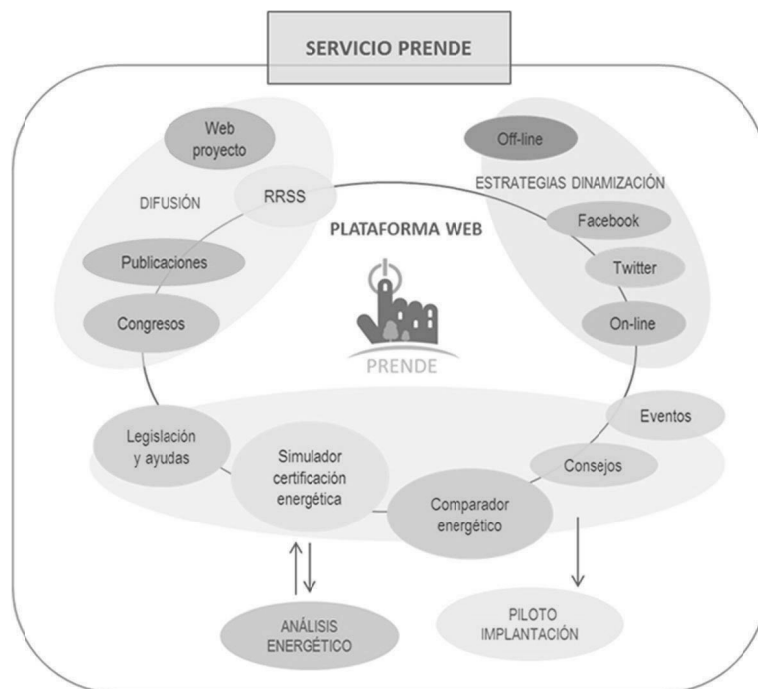


Figura 4. Esquema Servicio Prende.

Por otra parte, la plataforma se nutre de las actividades relacionadas con el **análisis y la caracterización energética de las viviendas** así como de las medidas propuestas para su rehabilitación, y será la base para la **implantación y monitorización de un piloto** del servicio en un barrio seleccionado para ello.

Objetivos Técnicos

El proyecto se desarrolla en varios barrios del Ayuntamiento de Madrid en los que se **estudian e implantan medidas incentivadoras de la rehabilitación energética** mediante el desarrollo del servicio PRENDE. Los objetivos técnicos específicos del proyecto son:

- Desarrollar una **metodología para la implantación de un sistema de comunicación integrada** que sea extrapolable a diferentes distritos y ciudades en una futura actuación.
- Establecer un **protocolo de actuación**, a partir de la metodología definida, en el que el usuario final sea el centro de atención, **orientando la estrategia de dinamización al público objetivo**.
- Identificar **tipologías de edificios** para clasificar los inmuebles existentes en los barrios seleccionados con objeto de replicar el proyecto en otras zonas, evaluar su comportamiento energético y obtener un **catálogo de soluciones técnicas para la rehabilitación energética** adecuadas a cada tipología.

- Desarrollar una **plataforma informática** que sirva de soporte al servicio PRENDE. Partiendo de los datos introducidos por el usuario referente a su vivienda, recopilará la información necesaria para ofrecer un cálculo del ahorro y eficiencia energética sobre las edificaciones seleccionadas, proporcionando una respuesta a modo de **informe de gastos económicos y energéticos** relativos a la vivienda y un conjunto de **recomendaciones y soluciones técnicas** que permitan reducir dichos gastos, así como ayudas y subvenciones disponibles.
- Generar y recopilar **información necesaria para el proyecto** y adecuada para generar los contenidos de la plataforma informática en la que se apoyará el servicio PRENDE.
- Desarrollar un **piloto del servicio PRENDE** en un barrio del Ayuntamiento de Madrid para monitorizar la evolución de la plataforma y valorar los resultados del proyecto.

Análisis Energético de Edificios Residenciales

Uno de los pilares fundamentales del proyecto son los **cálculos desarrollados** para obtener una **caracterización energética de los edificios del barrio** seleccionado y **proponer las medidas de rehabilitación** orientadas a mejorar su eficiencia energética. Esta caracterización está en línea con las directivas europeas de eficiencia energética de edificios 2010/31/UE y 2012/27/UE. La transposición de las mismas ha generado, a nivel nacional, diferentes Reales Decretos (233/2013 y 235/2013) que establecen una estrategia nacional de rehabilitación de todo el parque de edificios.

Bajo estos principios se desarrolla una **metodología de análisis energético** del parque residencial objeto de estudio del Proyecto PRENDE, gracias a la cual se cuantifica el ahorro energético obtenido tras la aplicación de diferentes mejoras de rehabilitación, en una muestra representativa de viviendas tipo. Este proceso se realiza a partir de baterías de **simulaciones dinámicas** cuyos resultados proporcionan unas **recomendaciones óptimas para cada tipología** de edificios analizada.

La evaluación energética de edificios mediante simulación se basa en la representación de un sistema real (el propio edificio) a través de otro más sencillo (modelo), el cual permite analizar sus características y predecir su comportamiento. Las relaciones existentes entre las distintas partes del edificio y su entorno vienen regidas por las **leyes de transferencia de calor y de masa**, generando un conjunto de ecuaciones matemáticas que son resueltas por la **herramienta de simulación**. El correcto funcionamiento del bloque de análisis necesita una definición exhaustiva de una serie de variables de entradas tales como: variables climáticas, geometría, materiales, etc.

Partiendo de estas hipótesis se obtienen los **balances energéticos de las diferentes tipologías** de viviendas simuladas. Cada una de las baterías de simulaciones realizadas contempla las distintas actuaciones de rehabilitación. Estos valores alimentan una base de datos que se utilizara para **cuantificar los ahorros energéticos** obtenidos con cada una de las estrategias pasivas propuestas.

En paralelo se ha desarrollado un **“simulador de certificación energética”**, cuyo fin es el de informar al usuario sobre la calificación energética de su vivienda en función de unas características de la misma que es necesario conocer para realizar dicha simulación (año de construcción, zona climática, tipo de vivienda, orientación, etc.)

Estos resultados no rempazan a las certificaciones energéticas de las viviendas del parque de edificios objeto de estudio, si no que suponen una **indicación cualitativa** de los posibles **ahorros energéticos** que se obtendrían realizando la rehabilitación energética de sus edificios en función de las mejoras establecidas.

Medidas de Rehabilitación para la Mejora de la Eficiencia Energética

Utilizando la información recogida y los resultados de las simulaciones anteriormente descritas se elaboran unas **recomendaciones de rehabilitación para la mejora de la eficiencia energética según las distintas tipologías de edificios**. Para ello se tienen en cuenta tanto factores económicos como medioambientales y se analizan exhaustivamente los ahorros energéticos conseguidos y los retornos de

inversión. Las soluciones de eficiencia energética se establecen en dos fases, la primera se centra en la envolvente (medidas pasivas) y la segunda en las instalaciones (medidas activas).

RESULTADOS ESPERADOS

- Definición de un **modelo integral del consumo energético** de los edificios de los barrios según tipología,
- Obtención de **modelos, algoritmos y soluciones** en edificios que permitan una mejor **gestión energética a través de la rehabilitación**,
- Gestión activa de la información y aplicaciones al ciudadano para **facilitar su decisión**,
- Diseño de **herramientas para la generación de Políticas Energéticas** y medición de su impacto y aceptación en la sociedad.

CONCLUSIONES

El éxito del Proyecto PRENDE será **potenciar la intervención** en el parque residencial nacional: de las 25.208.623 viviendas existentes (censo 2011), más de 5 millones se construyeron hace más de 50 años y más de 8,5 millones tienen entre 30 y 50 años de antigüedad. Sin embargo, la rehabilitación en España, aunque está convergiendo con Europa a consecuencia del desplome del sector de la construcción, se sitúa 13 puntos por detrás de la media europea en términos globales (28,7 %, frente al 41% del total de la construcción) y 10,6 puntos por detrás si sólo se hace referencia a la rehabilitación “residencial”. Esta intervención en materia de rehabilitación aportará beneficios no sólo a los propietarios y ocupantes sino al país, generando entre 110.000 y 130.000 empleos directos estables entre 2013 y 2050 al hacer posible invertir diez mil millones de euros anuales en rehabilitación, lo que implica entre 250.000 y 450.000 viviendas al año.

El fin último del Proyecto es, en definitiva, **impulsar un sector de la rehabilitación de viviendas tecnológicamente avanzado**, que permita a las empresas incrementar su competitividad no sólo en el ámbito nacional, sino a nivel internacional, aumentando la cartera de actuaciones de rehabilitación más allá de la existente en nuestro país y, por ende, mejorar la eficiencia energética de la ciudad, el confort y la calidad de vida de sus ciudadanos.

BIBLIOGRAFÍA

Programa de certificación energética CE3X:

www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/eficienciaenergetica/certificacionenergetica

Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, BOE Núm. 89 Sec. I. Pág. 27548.

Real Decreto 233/2013, de 5 de abril, BOE Núm. 86 Sec. I. Pág. 26623.

EU, Directive 2010/31/EU, Official Journal of the EU L153/13, 18.6.2010.

EU, Directive 2012/27/EU, Official Journal of the EU L315/1, 14.11.2012.

E. Giancola S. Soutullo, M^a del Rosario Heras. *Energetic evaluation in real conditions of use of the housings of the San Cristóbal de los Ángeles District in Madrid*. Congreso: The Transformation of the Industry-Open Building Manufacturing System, ISBN 978-951-38-6352-4, Róterdam (Países Bajos), 25-26/04/2007.

E. Giancola S. Soutullo, M^a del Rosario Heras, *Energetic evaluation in real conditions of two blocks of flats*. Congreso: 2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference, building low energy cooling and advanced ventilation technologies in the xxi century, ISBN978-960-6746, Creta (Grecia), 27-29/09/2007.

J. A. Ferrer, E. Giancola, S. Soutullo, M^a del Rosario Heras, *Os edificios Bioclimáticos a integraçao das Energias Renováveis e os Sistemas Energéticos*. ISBN=978-972-676-210-2, Editores: Helder Gonçalves y Susana Camelo, Pag. 79 – 87. 2008.

M.R. Heras Celemin, J. Heras Rincón, S. Soutullo Castro. *Evaluación del CIEMAT: comportamiento energético de viviendas de la EMVS*. Era Solar 135, 2006, pp. 68-75. ISSN 0212-4157.

R. Enríquez, M.J. Jiménez, M.R. Heras. *Analysis of a Solar Office Building at the South of Spain Through Simulation Model Calibration*. Energy Procedia 30, 2012, pp. 580–589.

R. Enríquez, C. San Juan, S. Soutullo, J.A. Ferrer, M.J. Jiménez, M.R Heras. *Can general simulation models identify existing building Characteristics?* 6TH IBPSA Canada Conference, Winnipeg, Canada. 19-20 Mayo 2010.

Euroconstruct 2011.

UN NUEVO MODELO ENERGÉTICO PARA MADRID CAPITAL. HAGAMOS ARQUITECTURA EFICIENTE SIN HACER ARQUITECTURA

Juan Carlos Carmona Casado, Profesor, UCJC

Resumen: La investigación inicial de la Universidad Camilo José Cela evidencia la existencia de diferencias de temperatura muy significativas (hasta 6°C) en un mismo entorno urbano (de no más de 2 km de longitud), para una misma hora de medición, en un mismo día y un mismo mes de un determinado año. El objetivo de la investigación será medir y cuantificar en términos de energía, el Ahorro Energético generado al matizar y pormenorizar el entorno normativo hasta ahora vigente en nuestro país en este aspecto (Código Técnico de la Edificación). Estas diferencias de temperatura en las condiciones exteriores de los edificios, para un mismo entorno urbano, hace que pueda proponerse un nuevo modelo de ahorro

Palabras Claves: Ahorro, Calefacción, Cargas Térmicas, CTE, Energía, Nanoclimas, Normativa, Refrigeración

ESTADO DE LA CUESTIÓN. MODELO ENERGÉTICO ACTUAL, ¿ES ADECUADO?

Esta investigación y futuro tema de Tesis Doctoral nace como fruto de una preocupación e interés personal tras la labor realizada en el Proyecto de Investigación de “Nanoclimas Urbanos” de la Escuela Superior de Arquitectura y Tecnología de la Universidad Camilo José Cela de Madrid. Este proyecto, impulsado y dirigido desde un principio por el director de proyecto, D. José Miguel de Prada Poole, Doctor Arquitecto e ilustrísimo personaje dentro de la historia viva de nuestra arquitectura, trata de evidenciar, a pie de calle, de la existencia de diferencias de temperatura muy significativas (hasta 6°C) en un mismo entorno urbano (de no más de 2 km de longitud), para una misma hora de medición, en un mismo día y un mismo mes de un determinado año.

Este hecho considerado en sí mismo, evidenciaría la existencia de “climas dentro de climas” dentro de un entorno urbano determinado a escala casi de manzana urbana. Esta es la razón, por la que el término “microclimas”, hasta ahora empleado en muchas publicaciones especializadas, se queda corto, y surge así un nuevo término para definir esas nuevas situaciones de “microclimas dentro de microclimas”, acuñado por D. José Miguel de Prada, y que no es otro que el de “Nanoclimas”.

Se trata pues de demostrar que, dada la amplia escala (urbana o de ciudad) que el vigente Código Técnico de la Edificación considera, a la hora de establecer las condiciones climáticas exteriores que determinarán las demandas de energía de los espacios interiores de los edificios para la consecución del estado de confort, de demostrarse diferencias de temperatura de hasta 6°C para un mismo entorno urbano (a escala incluso de manzana), se estaría obviando una diferencia en las condiciones exteriores de proyecto que nos llevarían hasta el ahorro de un 40% en el consumo de energía actual de los edificios existentes.

UN NUEVO MODELO ENERGÉTICO A PROPONER

Con esta sólida base como punto de partida, el objetivo de la Investigación será medir y cuantificar en términos de energía, el Ahorro Energético generado al matizar y pormenorizar el entorno normativo hasta ahora vigente en nuestro país en este aspecto (Código Técnico de la Edificación) estudiando las cargas térmicas generadas en la arquitectura de un entorno previamente elegido de la ciudad de Madrid (en este caso la calle Alcalá de la capital en el tramo comprendido desde su número 20 hasta el 418). Se

generará en consecuencia, un modelo arquitectónico concreto, que sirva como instrumento de medida y cuantificación de la realidad constructiva y energética existente y que, además, suponga un criterio constante a la hora de realizar los cálculos pertinentes en cuestión de transmitancias de cerramientos, cargas térmicas de los espacios interiores y demanda energética.

Se elige un edificio característico de la arquitectura de Madrid de los años 50 (en este caso un edificio de viviendas y locales de cinco alturas situado en la calle Alcalá, 308) y se simulará su demanda energética en varias localizaciones virtuales dentro del entorno de estudio de la citada calle madrileña. Dichas localizaciones virtuales responderán a situaciones meditadas e intencionadas en el tramo de calle en cuestión, donde se evidencien las diferencias de temperatura existentes (que no valores). No se busca una tipología determinada de edificio o uso, sino buscar una estandarización en el modelo a considerar y simularlo energéticamente. De esta forma, para una misma envolvente, mismas características propias y constructivas, pero variando únicamente la base de datos climática existente (en cuando a variaciones o incrementos de temperatura se refiere) obtendremos datos asépticos y fiables de la nueva demanda del edificio y adecuar sus consumos energéticos a ese hecho.

Estas diferencias de temperatura en las condiciones exteriores de los edificios, para un mismo entorno urbano, hace que pueda proponerse una nueva alternativa, pormenorizando la normativa empleada, y que puede significar un modelo de ahorro hasta ahora no considerado y muy útil en términos energéticos.



Figura 1. Situación.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA ENERGÉTICA

Una vez sentadas las bases teóricas del proyecto, a modo de declaración de intenciones, y tomando como referencia la base de datos climática obtenida en el Proyecto "Nanoclimas Urbanos" de la UCJC a escala de manzana urbana en el entorno de la calle Alcalá de Madrid durante el período de tiempo comprendido entre los meses de marzo de 2013 a febrero 2014, tendremos un marco determinado de trabajo que dirija las simulaciones energéticas a realizar.

Siendo conscientes de que únicamente se cuenta con la medición in situ de temperaturas a lo largo de un sólo año, y que para sacar conclusiones fiables de datos climatológicos debemos considerar medias ponderadas de períodos 'clino' (que comprenden 30 años), se trata de evidenciar estas diferencias en cuanto a demandas de energía se refiere, para que el órgano gubernamental competente tenga una referencia para tomar las decisiones oportunas acerca de la posible modificación de la normativa existente debida a lo generalista de sus términos energéticos se refiere.

Como primer paso se simula energéticamente el edificio modelo de Alcalá 308 conforme a su ubicación actual y base climática vigente. De esta forma, obtendremos las cargas térmicas del edificio y su demanda energética de calefacción y refrigeración para los períodos de invierno y verano (épocas del año más significativas en cuanto a consumo de energía se refiere).

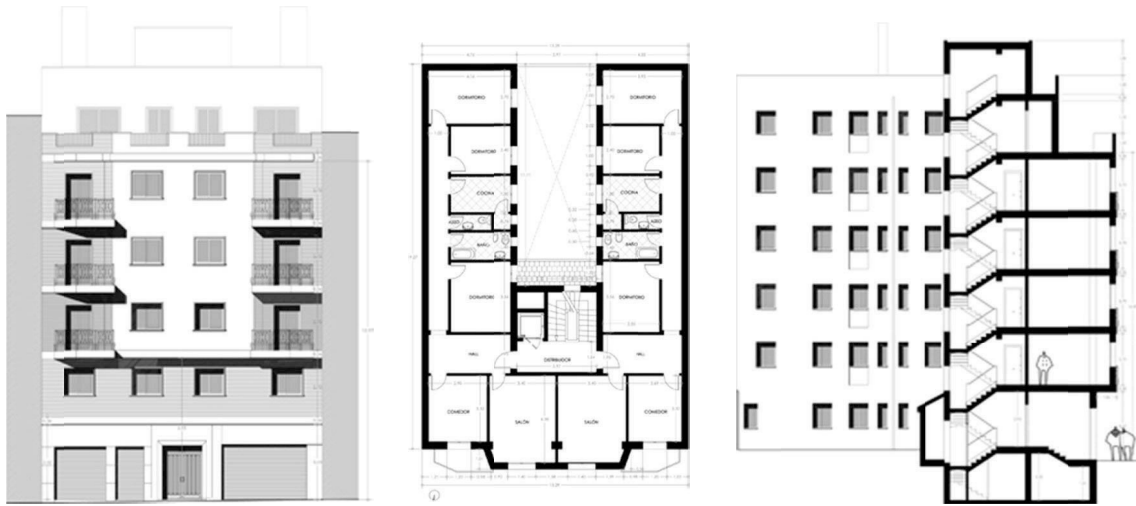


Figura 2. Alzado principal, Planta tipo y Sección AA.

Con estos datos energéticos obtenidos podremos calcular los incrementos de los mismos (positivos o negativos) en función de dos aspectos:

- Modificación de base de datos climatológica actual. Nuevos valores de acuerdo a nueva definición de condiciones climatológicas exteriores para la misma situación original del edificio.
- Nuevos valores de demanda energética de acuerdo a localizaciones virtuales del edificio inicial dentro del entorno de Estudio.

Las nuevas localizaciones se establecerán de forma lógica en toda la longitud del entorno de la calle Alcalá, y en ambas aceras, considerando pues todos los aspectos posibles de soleamiento, orientación y ventilación. Finalmente se establecen con puntos de estudio: Alcalá 70, 11, 192, 225, 308 y 331 y se sitúa de forma virtual en ellos nuestro edificio tipo

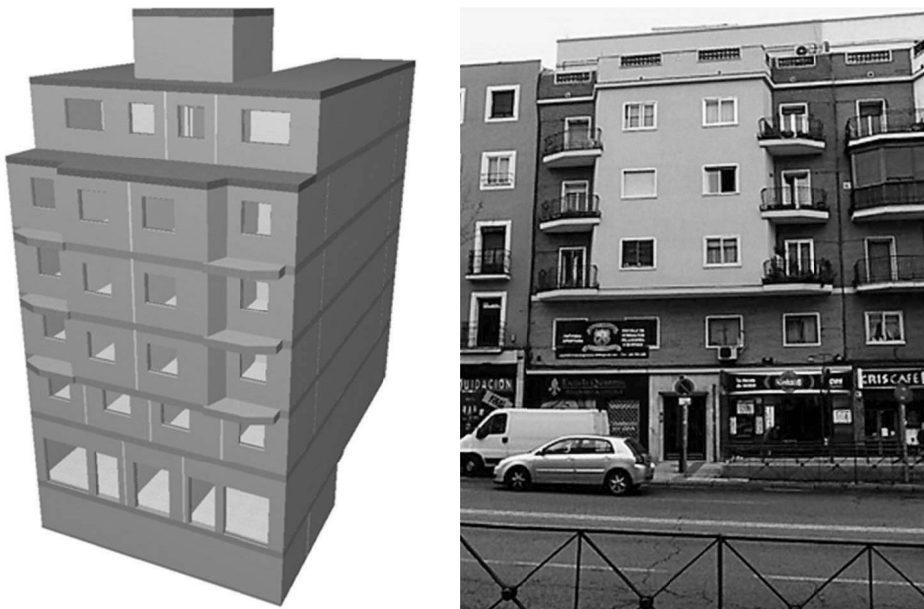


Figura 3. Imagen virtual edificio principal y vista exterior.

Estudiando cuidadosamente los resultados obtenidos, se generará un resumen de diferencia de temperaturas y de cargas térmicas asociadas a ellas. Los consumos energéticos asociados a éstas últimas evidenciarán los ahorros energéticos vaticinados. Todos los datos obtenidos, tanto base climatológica, como datos de temperatura y humedad relativa empleados y comparados, como valores de cargas térmicas, se hallan detallados en hojas Excel que en la presente propuesta no es posible adjuntar y que demuestran lo que hasta aquí se afirma.

La inminente entrada en vigor de todo lo que la Directiva Europea 2012/27/UE hace que todo ente gubernamental y profesional busque fórmulas de ahorro energético en las edificaciones. Dichas medidas, de acuerdo siempre a criterios bioclimáticos y de eficiencia en las instalaciones, tenían en el diseño su principal valedor: un diseño arquitectónico que pensara desde un principio en la eficacia, el bioclimatismo (no sólo con la estética y funcionalidad como abanderados principales), la sostenibilidad y eficiencia de sus instalaciones y procesos constructivos. Pero, por qué ir tan allá, el primer escalón es el marco normativo y se ha olvidado.

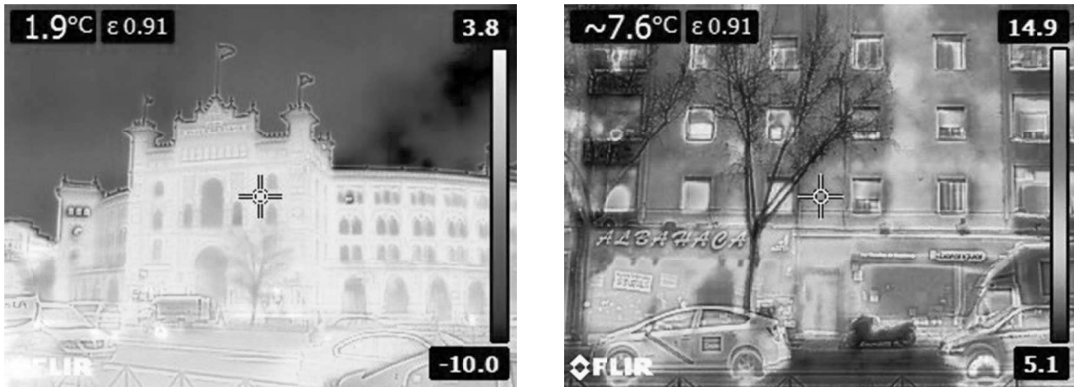


Figura 4. Control temperatura.

Podremos pues afirmar tras todo esto que, es muy posible realizar arquitectura eficiente y con ahorros energéticos significativos 'sin hacer Arquitectura', basta sólo con pormenorizar más en los límites que ofrece la normativa actual en cuanto a energía se refiere.

PROMOCIÓN DE EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA (EECN) A TRAVÉS DE LOS PAES

Jordi Cipriano, Investigador, CIMNE
Jose Santos López, Investigador, CIMNE

Resumen: La nueva Directiva Europea de Eficiencia Energética de los edificios (EPBD Recast) define una serie de compromisos de los estados miembros para que todos los edificios de nueva construcción o de rehabilitación integral se construyan con criterios de Edificios de Energía Casi Nula (EECN), estableciendo el año 2018 como fecha límite para edificios públicos y 2020 para todo el parque urbanístico. En esta ponencia se describirá una metodología orientada a promover nZEB en edificios públicos a través de la definición detallada de las acciones necesarias para que tanto edificios nuevos como existentes, puedan cumplir los requisitos nZEB y proponiendo técnicas de análisis simplificado a nivel de edificio y semántico para extrapolación a escala urbana. Este trabajo se ha realizado dentro de los proyectos AIDA (www.aidaproject.eu) y SEMANCO (www.semanco-project.eu).

Palabras Claves: AIDA, EECN, Eficiencia Energética, Escenarios de Mejoras, Mejora Energética, Municipio, PAES, Plan Urbanístico, Rehabilitación nZEB, SEMANCO

INTRODUCCIÓN

En esta ponencia se describirá una metodología orientada a promover nZEB en edificios públicos a través de los Planes de Acción para la Energía Sostenible (PAES). Se describe una definición detallada de las acciones necesarias para que tanto edificios nuevos como existentes, puedan cumplir los requisitos nZEB a una escala urbana de ciudad, proponiendo técnicas de análisis simplificado a nivel de edificio y semántico para extrapolación a escala urbana. Este trabajo se ha realizado dentro de los proyectos AIDA (www.aidaproject.eu) y SEMANCO (www.semanco-project.eu)

LOS PAES COMO HERRAMIENTAS DE PROMOCIÓN DE LOS EECN O NZEB

Plan de Acción para la Energía Sostenible (PAES)

Un Plan de Acción para la Energía Sostenible (PAES) es el documento clave dentro del compromiso del Pacto de los Alcaldes (<http://www.pactodelosalcaldes.eu/>) que define las acciones que debe realizar un municipio para alcanzar el objetivo de reducción en al menos un 20% de emisiones de CO₂ para el año 2020. En él se definen las actividades y medidas establecidas para la consecución de este objetivo, junto con plazos y compromisos asignados.

Los firmantes del Pacto de los Alcaldes son libres de elegir el formato del documento PAES siempre y cuando estén de acuerdo con los principios generales definidos por las directrices Europeas. De todos modos, existe una plantilla que constituye una guía básica de referencia para los municipios interesados en presentar dicho documento. Esta guía define los dos documentos principales, uno de referencia y el otro el propio PAES:

- Inventario de Emisiones de Referencia (IER). Donde se define el año de partida para la cuantificación de las emisiones de CO₂ generadas por todos los sectores económicos del propio municipio (residencial, comercial, industrial, municipal, transporte, etc.).
- Plan de Acción para la Energía Sostenible (PAES). Es el documento principal donde se definen las Acciones que se llevarán a cabo para lograr los compromisos de ahorro de emisiones de CO₂ hasta el año 2020 y también, las metas de producción energética mediante fuentes de Energías Renovables (EERR). Cada medida o acción debe ser descrita y calculada en detalle dando como

resultado el coste económico, el ahorro de energía y la reducción de emisiones correspondiente.

Dado que los EECN o nZEB por definición generan un nivel de emisiones muy bajo, se convierten en una opción muy válida para ayudar al cumplimiento con el objetivo de reducción de CO₂ dentro del PAES.

Acciones nZEB en los PAES municipales

Adaptación del criterio de edificio nZEB

Para asegurar una implementación exitosa acciones que promuevan edificios nZEB y para mantener la coherencia con la directiva 2010/31/EU relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición)¹, Energy Performance of Buildings Directive conocida como la EPBD Recast en inglés, se hace necesario adaptar una definición de nZEB para el ámbito de aplicación de los PAES. Los criterios nZEB a tener en cuenta para España y en base a los 3 principios de nZEB definidos por el estudio BPIE2 son:

1. El edificio debe alcanzar una clasificación energética Clase A
2. El balance de consumo energético en primaria tiene que ser cubierto entre el 50% y el 70% con energías renovables.
3. El consumo total de energía primaria tiene que estar entre 50-60 kWh/m²año, con un máximo de emisiones de 3Kg de CO₂/m²año.

Herramientas de software utilizadas

Con el fin de realizar los cálculos energéticos requeridos en los PAES, se propone utilizar herramientas simplificadas que permitan obtener resultados de una forma rápida y fiable. Se pueden utilizar de tres tipos diferentes:

- Herramientas simplificadas de certificación energética, homologadas a nivel nacional o regional. Edificios nuevos: CES3 y CERMA3. Edificios existentes: CE34 y CE3X4
- Herramientas simplificadas para auditorías energéticas. Edificios existentes: GENERATION5, EQUEST6 y SIMEB7.
- Herramientas simplificadas para el diseño de sistemas de producción de energía renovable. Solar Fotovoltaica: PVGIS8. Solar Térmica: CHEQ4. Biomasa: BIOHOUSING10

Procedimiento de cálculo

Las acciones a llevar a cabo deberán describir los indicadores comunes de PAES: coste económico, ahorro energético y reducción de emisiones de CO₂, así como otros adicionales más específicos como el Periodo de retorno (payback) y el Coste de Abatimiento.

El procedimiento de cálculo que se recomienda seguir es el siguiente:

- Ficha del edificio, donde se recopile toda la información necesaria para desarrollar la acción PAES.
- Evaluación energética de las medidas bioclimáticas y producción renovable, donde se valore la adecuación del edificio y se determine el resultado para alcanzar los criterios nZEB.
- Cálculos económicos, donde se valore el coste económico que supone satisfacer las medidas bioclimáticas y producción renovable.
- Resumen de la acción nZEB, una tabla donde se muestren los resultados de los indicadores de PAES.

Tipos de acciones nZEB

Como medida de campaña de sensibilización ciudadana, el proyecto AIDA recomienda que las acciones nZEB promovidas en los PAES queden limitadas a edificios públicos tanto nuevos como existentes.

Básicamente, las acciones nZEB pueden ser de dos tipos dependiendo del proyecto a desarrollar:

- Edificios nuevos, donde se definen los criterios nZEB a cumplir desde el diseño y construcción hasta el usufructo del edificio, según la metodología de trabajo Diseño Energético Integrado (DEI), Integrated Energy Design (IED) en inglés. Ejemplo: Edificio público de oficinas en Murcia:

Acción: Construcción de un edificio de consumo energético casi nulo (nZEB)
 Como ejemplo de buenas prácticas del municipio se construirá un edificio de este tipo, que pretenda ser referencia en la ciudad de Murcia. La nueva Directiva Europea de Eficiencia Energética de los edificios (directiva 2010/31/EU, EPBD en inglés) define una serie de compromisos de los estados miembros que se concreta que antes del año 2018, todos los edificios públicos de nueva construcción o de rehabilitación integral, tienen que construirse con criterios de edificios de Consumo Energético Casi Nulo (nZEB en inglés). Se define como "edificio de consumo energético casi nulo" aquel edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto que conduzca a un nivel de consumo muy bajo. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida tiene que estar cubierta, en gran parte, por energía procedente de fuentes renovables producidas "in situ" o en el entorno. Tanto para la elaboración del proyecto de construcción, ejecución de las obras y usufructo de este edificio, se define tener en cuenta los criterios siguientes:

1. Realizar el cálculo del balance energético global neto según fuentes de energía primaria.
2. Determinar la calificación energética global que se corresponda con la letra A y tenga un consumo global de energía primaria entorno a 50-60 kWh/m² año.
3. Alto porcentaje de abastecimiento energético con fuentes renovables, entorno al 70-80%.

Descripción del Plan de Acción de Energía Sostenible de Murcia

MEDIDAS DEL PLAN DE ACCIÓN DE ENERGÍA SOSTENIBLE DE MURCIA

SECTORES & campos de actuación	Acciones/ medidas clave por campo de actuación	Indicador	Parámetro energético	Coste estimado	Ahorro energético	Producción de energía renovable esperada	Reducción de CO ₂ por medida	Objetivo de ahorro energético	Objetivo de reducción de CO ₂	Objetivo de abastecimiento con fuentes renovables	Indicador de eficiencia energética	Ahorro energético	
	Acción 9: Utilización de iluminación de alta eficiencia e luz natural en los nuevos edificios municipales y edificaciones.	Consumo de Murcia	200-2000	0	1.000	0	400				1.000	10.000	1.000.000
	Acción 9: Construcción de un edificio municipal de oficinas con nZEB.	Consumo de Murcia	200	300.000	350	300	300				300	1.000	100.000
	Acción 10: Instalación de climatización de bajo consumo energético en edificios municipales de nueva construcción con sistemas de control de temperatura y equipos de refrigeración eficientes.	Consumo de Murcia	200-2000	20.000	30	30	0				30	30	4.000
	Acción 11: Mejora de la eficiencia energética y menor coste de instalaciones nuevas mediante la dependencia municipal. Contratación de sistemas para a gran escala. Seguro coste para AIDA y otros en 10 actuaciones.	Consumo de Murcia	200-2000	1.000.000	1.000	1.000	10.000				10.000	1.000	100.000
	Acción 12: Mejora de la eficiencia energética. Barrio Espinosa. Proyecto Urbán.	Consumo de Murcia	200-2000	50.000	40	40	400				400	200	20.000
	Acción 13: Campaña Ahorro Energético. Instalaciones.	Consumo de Murcia	200-2000	20.000	100	0	10				100	1.000	100.000
	Acción 14: Sistema de monitorización y control de consumo en edificios municipales a partir de contadores de telemedida.	Consumo de Murcia	200-2000	200.000	1.000	0	500				1.000	1.000	100.000

Figura 1. Edificio nuevo nZEB en Murcia.

- Rehabilitación parcial o completa, centrado en determinar una rehabilitación nZEB del edificio existente en referencia a su consumo energético actual y las características constructivas e instalaciones. Ejemplo : Edificio público de oficinas en Torroella de Montgrí (Girona):

Órgano público: Ayuntamiento de Torroella de Montgrí
 Acción de promoción de nZEB en la hoja de ruta o PAES del municipio: SI
 Plan para pliego nZEB: NO

Edificio 1: Can Mach

Tipo de acción nZEB	Edificio nuevo	Rehabilitación parcial	Rehabilitación completa
	-----	X	-----
Imagen del edificio	Tipología	Usabilidad	Año de construcción
	Público	Oficinas	2011
Estado actual	Es un edificio de oficinas que da servicios administrativo a los habitantes. Consiste en un edificio de 3 plantas, aunque sólo 2 plantas están operativas.		
Comentarios	Debido a que se ha construido recientemente en cumplimiento con las exigencias del CTE, a priori, hay una gran posibilidad de adaptación a nZEB a través de inversiones de bajo coste.		
Resumen de la acción nZEB	Indicadores principales originales del PAES		Indicadores añadidos a través del proyecto AIDA
Medidas PAES	Costes estimados por acción/medida (€)	Ahorro energético esperado por medida (MWh/a)	Producción de energía renovable esperada por medida (MWh/a)
Acción nZEB global	67.448,14	48,61	14,00
			Reducción esperada de CO ₂ por medida (TnCO ₂ /a)
			21,24
			Periodo de retorno (Payback) (a)
			4,67
			Coste de abastecimiento (€/kg CO ₂ : ahorrado)
			0,68

Figura 2. Rehabilitación parcial nZEB en Torroella de Montgrí (Girona).

SIGUIENTE NIVEL DE ACTUACIÓN. PLANES URBANOS CON EL OBJETIVO DE OPTIMIZAR LAS EMISIONES DE CO2

El proyecto SEMANCO tiene como objetivo la reducción de CO2 del parque construido a través de la estructuración de datos energéticos, clasificación de edificios y visualización a nivel urbano de datos tanto físicos como sociales. También, se centra en producir herramientas que permitan a los usuarios evaluar la eficacia de las estrategias de reducción de CO2 y adoptar las medidas para mejorarlas. El proyecto se divide en tres ámbitos:

1. Datos energéticos para la planificación urbana: múltiples representaciones de la información energética.
2. Interfaces interactivas de visualización de los datos energéticos y el contexto paneuropeo.
3. Desarrollo de modelos de negocio basados en nuevos servicios energéticos.

Otro proyecto que tiene como objetivo la aplicación de mejoras de eficiencia energética sobre el parque construido es el proyecto MARIE (<http://www.marie-medstrategic.eu/>) centrado en determinar herramientas para ayudar a los municipios a alcanzar los objetivos de la EPBD Recast1 con metodologías de planificación urbana de eficiencia energética y mecanismos de soporte y financiación para la renovación y rehabilitación energética.

Prototipo de la Plataforma SEMANCO

El desarrollo de una plataforma integrada online permitirá que los usuarios con diferentes perfiles puedan interactuar con los datos semánticos definiendo modelos energéticos urbanos para diferentes finalidades.

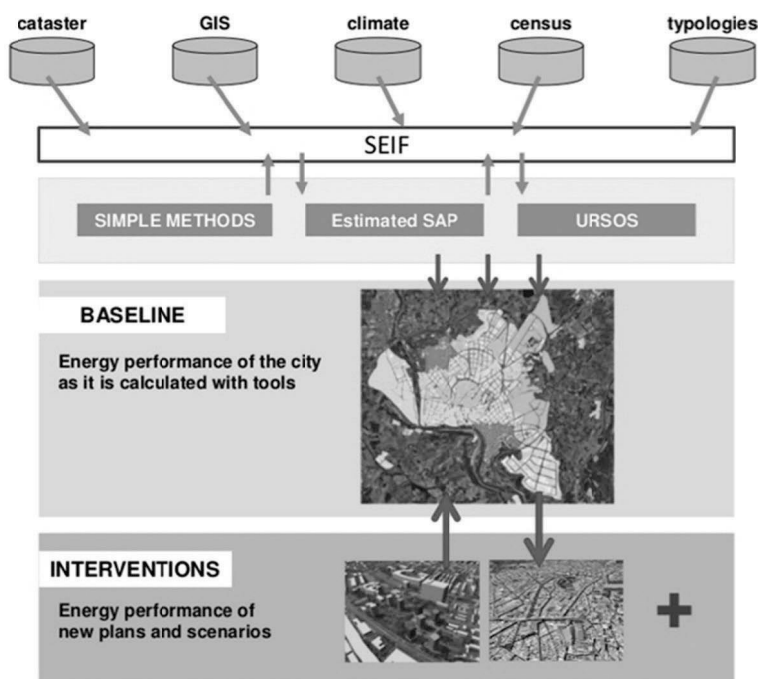


Figura 3. Funcionamiento de la plataforma SEMANCO.

Las datos energéticos de entrada son clasificados (catastro, GIS, climáticos, censo, tipologías, etc.) y almacenados en el entorno Semantic Energy Information.

Framework (SEIF) que a su vez, está vinculado a tres tipos de herramientas de cálculo según nivel de detalle de la información requerida:

- Métodos simples: pequeños datos sobre tipologías de consumo, uso de los edificios, superficies construidas, etc.
- Herramienta Standard Assessment Procedure (estimated SAP): Geometría, sistemas HVAC, fotos de fachadas, etc.
- Herramienta URSOS: Geometría, ocupación, transmitancia térmica, clima, etc.

La plataforma pretende automatizar la identificación del parque constructivo con un mapa 3D integrado con GIS y así, poder generar fácilmente escenarios de intervención para diferentes áreas o distritos de la ciudad o municipio.

Casos prácticos de intervenciones en Manresa (SEMANCO) y Bar (MARIE)



Figura 4. Escenario energético actual del municipio de Manresa.

Manresa es uno de los casos piloto del proyecto SEMANCO, donde se ha consolidado recientemente la base de datos energéticos de entrada. Actualmente, se está integrando la herramienta de cálculo URSOS a la plataforma. Las otras herramientas las integra cada caso piloto: Newcastle (estimated SAP) y Copenhagen (Métodos simples).

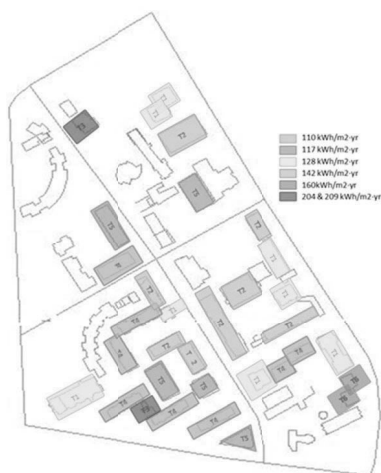


Figura 5. Escenario energético actual de la ciudad de Bar (Montenegro).

Se ha realizado un análisis energético del escenario actual del parque de edificios en el centro de la ciudad de Bar (Montenegro) con el fin de implantar el futuro objetivo de mejora de su plan urbanístico

de acuerdo con criterios de Passivhaus. Como resultado, se espera alcanzar un nivel de consumo eléctrico final entorno a 50kWh/m², lo que supondría un ahorro energético estimado entorno al 50-75%.

CONCLUSIONES

Puntos fuertes:

- Los PAES estimulan a las autoridades municipales a cumplir el compromiso de reducción del 20% en emisiones de CO₂ y promocionar la construcción de EECN o nZEB en futuro cercano de acuerdo con el compromiso de la directiva de eficiencia energética de los edificios¹.
- La simulación de escenarios de intervención facilitan el desarrollo de futuros planes urbanísticos realistas y acordes con el parque constructivo del municipio.

Puntos débiles:

- Existen cada vez más municipios con PAES inscritos, pero da la impresión que los emplean como mero trámite para poder optar a posibles vías de financiación antes que intentar alcanzar los objetivos de reducción de emisiones de CO₂ o considerar los EECN o nZEB como una realidad cercana.
- A nivel de cálculo energético tanto en emisiones de CO₂ como consumo energético, los softwares simplificados no son precisos y pueden inducir fácilmente a error. En el caso de una rehabilitación nZEB, se recomienda realizar un análisis exhaustivo y convencional mediante auditoría energética del edificio a fin de poder calcular medidas de mejora fiables y balances energéticos cercanos a la realidad.

Nuevos desarrollos:

- Guía de apoyo para la incorporación de una acción de PAES para la promoción de EECN o nZEB públicos: <http://aidaproject.eu>
- Plataforma SEMANCO para la simulación de escenarios urbanos: http://arcdev.housing.salle.url.edu/semanco/platform_prototype5/
- Herramienta online Sistema de Información y Gestión Energética (SIE): <http://www.inergybcn.com/sie-sistema-dinformacio-i-gestio-energetica/?lang=es>

BIBLIOGRAFÍA

Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición).

Estudio BPIE: Principles for nearly Zero-Energy Buildings (November 2011), page 54, table17: Proposed principles and approaches for implementation.

Nuevos documentos reconocidos sobre Certificación Energética de Edificios.

Procedimientos Simplificados para la Certificación Energética de edificios existentes.

GENERATION Simplified Energy Audit tool.

Simplificado de DOE2: the Quick Energy Simulation Tool (eQUEST).

Simulation énergétique des bâtiments (SIMEB).

LA CONCIENCIACIÓN SOCIAL FACTOR CLAVE PARA LA DEMANDA DE EDIFICIOS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

Manuel Ángel Soriano Baeza, Vocal Comisión MA, Asociación Ingenieros Industriales Madrid

Resumen: El concepto de “Edificio de consumo de energía casi nulo” quedó ya establecido por la Directiva 2010/31/UE. Sin embargo en nuestro país no existe aún conciencia social sobre el consumo energético de los edificios ni demanda del mercado en favor de viviendas de bajo consumo. El desarrollo efectivo de los edificios de bajo consumo de energía, tanto de nueva construcción como rehabilitados, no se producirá como consecuencia de la normativa, sino como resultado de una demanda del mercado que exija información transparente sobre las características del edificio y ponga en valor la eficiencia energética del mismo como un factor esencial de su valor patrimonial. Esta situación deseable solo puede darse si existe una previa concienciación de los propietarios y usuarios de los edificios y para conseguirla resulta imprescindible una estrategia de comunicación adecuada.

Palabras Claves: Comunicación, Concienciación Social, EECN, Eficiencia Energética, Rehabilitación

RAZONES OBJETIVAS PARA LOS EDIFICIOS DE BAJO CONSUMO ENERGÉTICO

La Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios establece el concepto de Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo (EECN), si bien no lo define en términos precisos. La cantidad casi nula o muy baja de energía, requerida por estos edificios, debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida la producida “in situ” o en las proximidades.

La citada Directiva obliga a que todos los nuevos edificios construidos con posterioridad al 31 de diciembre de 2020 sean EECN y, para cumplir con una función ejemplarizante de las Administraciones Públicas, a que los edificios nuevos que sean propiedad o estén ocupados por las autoridades públicas sean también edificios de consumo de energía casi nulo a partir de 31 de diciembre de 2018.

Con el desarrollo de la legislación sobre eficiencia energética y certificación de edificios, debe entenderse que un EECN ha de tener una certificación energética mínima correspondiente a la calificación B.

El fuerte compromiso de la UE con la reducción del consumo energético en los edificios está basado en razones bien fundadas, entre las que podemos señalar:

- Casi el 40% de la energía final consumida en la UE y el 36% de las emisiones de GEI cabe atribuirlo a las viviendas, oficinas, comercios y otros edificios de carácter público o privado.
- Resulta esencial reducir drásticamente el consumo energético de los edificios para alcanzar los objetivos europeos de mejorar en un 20% la eficiencia energética en 2020, respecto a lo que sería la senda normal sin adoptar medidas. Este objetivo es solo un paso intermedio hacia una economía baja en carbono en 2050.
- La rehabilitación en profundidad de los edificios existentes conduce habitualmente a mejoras significativas en la eficiencia energética superiores al 60% según la guía tecnológica publicada por la DG Energía de la Comisión Europea [1]. Por otra parte la Agencia Internacional de la Energía considera que el sector de la edificación es uno en los que se pueden conseguir mejoras importantes con menor coste.

- El nivel de confort térmico de los usuarios de un porcentaje muy elevado de los edificios solo puede conseguirse con un alto coste en energía, lo que no está al alcance de sus usuarios, por lo que estos padecen pobreza energética.
- El nivel de dependencia energética de la UE, en general, y de España, en especial, es un riesgo estratégico que debe reducirse actuando sobre un uso más racional de la energía.

FALTA DE CONCIENCIA SOCIAL SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIÓN

Lo razonable no siempre resulta evidente y esto es especialmente cierto en el tema de la eficiencia energética en edificación en nuestro país.

Las causas que han podido conducir a esta situación, en la que el consumo energético de un edificio no se considera como una característica importante del mismo con repercusión directa sobre su valor patrimonial, podrían ser:

- Desconocimiento por parte de los propietarios y usuarios de los edificios de los estándares razonables de consumo de energía y de los beneficios de la eficiencia energética.
- Falta de motivación de los inversores especulativos para la compra de edificios energéticamente eficientes ya que el mercado no ha remunerado la eficiencia energética.
- Falta de comunicación activa de las administraciones públicas en la divulgación de la eficiencia energética y en la promoción de edificios energéticamente eficientes.
- Falta de información suficiente o de transparencia en relación con la calidad de los edificios en el proceso de comercialización por parte del sector inmobiliario.
- Incumplimiento de la normativa aplicable y falta de consecuencias ante tales incumplimientos.

Resulta especialmente sorprendente que la inversión más costosa que suelen realizar los ciudadanos se lleve a cabo sin exigir una documentación rigurosa sobre características generales y manual de utilización del inmueble que sea pareja con el nivel económico y el riesgo financiero de la inversión.

Es igualmente extraño que no exista una normativa que obligue a la existencia de dicha documentación y defina y precise el alcance y la calidad de la misma. Las disposiciones al respecto en el CTE parecen más orientadas al control de la obra ejecutada y al mantenimiento de las instalaciones que a informar a los futuros propietarios sobre las características esenciales del inmueble que adquieren.

Bastaría comparar el nivel de detalle de la documentación proporcionada por el sector de la automoción, sobre características e instrucciones de uso de un vehículo, con la obtenida por los compradores en el sector inmobiliario para reconocer un desequilibrio injustificable.

La falta de una conciencia social en nuestro país sobre el valor intrínseco de la eficiencia energética de un edificio queda patente cuando el certificado energético del edificio, que está concebido como una herramienta de diferenciación y por tanto como una característica comercializable del mismo, se percibe como una tasa con lo que no tiene efecto alguno sobre el valor del inmueble.

ACCIONES PARA PROMOVER LOS EECN

Desde el ámbito institucional

Aunque la Directiva 2002/91/CE ya obligaba a los Estados Miembros (EM) a promover la eficiencia energética en la edificación, en España, en pleno boom inmobiliario, se ignoró este mandato que no ha sido más que parcialmente atendido con fecha reciente, lo que ha ocasionado una condena al Reino de España en el año 2013 por parte del Tribunal de Justicia de la UE.

Hasta la adopción del RD 235/2013 no se ha legislado en España sobre la certificación energética en edificios existentes y hasta la actualización del Documento Básico DB HE (Ahorro de Energía) mediante

la orden FOM/635/2013, que actualiza el Código Técnico de la Edificación de 2006, no se ha incluido la exigencia de eficiencia energética en los edificios en el sentido del mandato de las directivas comunitarias de 2002 y 2010.

Si bien han existido retrasos injustificables en la aplicación a nivel nacional de la legislación europea no es menos cierto que tampoco se ha aplicado con rigor la legislación nacional existente en la materia sin que ello llevase aparejadas consecuencias para los infractores. De esta forma hemos llegado a la situación actual en la que se asume que el 90% de los edificios en España desperdician energía.

Desde el ámbito institucional las líneas de actuación que, con seguridad, tendrían un efecto más determinante para promover la eficiencia energética en la edificación serían:

- El control en la aplicación de la normativa exigible y la adopción de medidas administrativas contra los responsables del incumplimiento, en el ámbito empresarial y en el ámbito facultativo.
- La exigencia a los promotores inmobiliarios de una información fiable y transparente en el proceso de comercialización de los inmuebles que, naturalmente, incluya el certificado energético.
- La comunicación institucional hacia la sociedad en general sobre los derechos de los compradores y sobre los beneficios de la eficiencia energética en la edificación.

Con una situación de crisis económica como la que España lleva padeciendo desde 2008 y con un parque edificatorio poco eficiente energéticamente, según reconoce la Ley8/2013 de Rehabilitación, Regeneración y Renovación Urbana, sería lógico esperar una apuesta decidida de las administraciones públicas por la mejora de la eficiencia energética en la edificación, especialmente dirigida a la rehabilitación del parque inmobiliario existente, lo que ayudaría a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero como una condición necesaria hacia la decisión europea de conseguir una economía baja en carbono y a abaratar considerablemente el importe de la factura de las importaciones de energía.

Solamente mejorando un 40% la eficiencia energética del parque inmobiliario podrían conseguirse ahorros anuales de entre 7000 y 10.000 millones de €, según se muestra en la tabla:

Concepto	Unidades	España (Minetur)	Residencial (17%) IDAE	Residencial y Servicios (26%) Estimación	Edificios (40%) Directivas UE
Consumo energía final 2011	tep	93.238.000	15.850.460	24.241.880	37.295.200
Precio petróleo considerado*	\$/barril	100	100	100	100
Cambio considerado	€/€	1,30	1,30	1,30	1,30
Coste equivalente en petróleo importado	millones €		11.571	17.696	27.225
Ahorro 10%	millones €		1.157	1.770	2.722
Ahorro 20%	millones €		2.314	3.539	5.445
Ahorro 30%	millones €		3.471	5.309	8.167
Ahorro 40%	millones €		4.628	7.078	10.890

Figura 1. Tabla de ahorros potenciales en la importación de energía por rehabilitación energética de edificios.

Adicionalmente las Administraciones Públicas deberían actuar como promotores inmobiliarios responsables dando ejemplo del cumplimiento efectivo de la legislación en los edificios de su propiedad

en línea con lo que sostiene Richard Rogers: “Solamente actuando como promotores arquitectónicamente informados los ministerios pueden establecer estándares nacionales de calidad para el entorno”. [2]

Desde la oferta

Si la promoción inmobiliaria en el pasado se ha caracterizado por una falta de transparencia en el proceso de comercialización que no ha permitido poner en evidencia las carencias habituales en los inmuebles puestos a la venta, sin que ese hecho haya sido penalizado por un mercado de demanda en continua expansión, la comercialización inmobiliaria en un mercado deprimido como el actual solo puede tener éxito con una oferta diferenciada basada en la competitividad como el ratio más favorable entre precio y calidad.

Los promotores responsables que dispongan de una oferta de calidad a un coste razonable y una estrategia comercial basada en una comunicación proactiva y transparente podrán tener éxito, en un mercado de oferta donde los escasos compradores están dispuestos a pagar solo lo que valen los bienes que compran, porque podrán diferenciarse de aquellos otros promotores que no estén en situación de hacerlo. En este contexto el uso del certificado de eficiencia energética, emitido por técnicos competentes y responsables, sería una herramienta de diferenciación asumida ya en otros países europeos como UK [3], Holanda, etc.

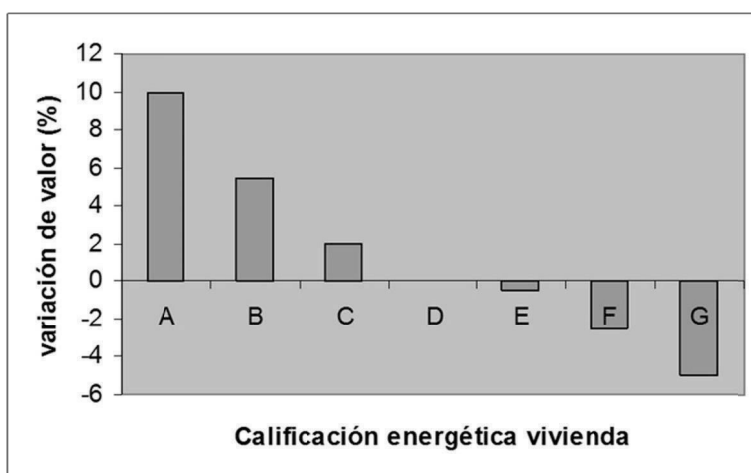


Figura 2. Variación de precios frente a calificación energética en UK.

Una información comercial clara y transparente y una documentación suficiente de uso y mantenimiento del edificio, avalada por la correspondiente acreditación facultativa reconocida, representarían una ventaja competitiva de indudable valor comercial.

Desde la demanda

La normativa puede obligar a que se construyan EECN, los promotores inmobiliarios pueden igualmente establecer una estrategia comercial diferenciada basada en criterios de calidad de los inmuebles pero los edificios energéticamente eficientes no se desarrollarán hasta que el mercado los valore y los exija.

Un mercado concienciado que considere la propiedad inmobiliaria como un bien para uso propio o como una inversión con criterios no especulativos sería lógico que considerase otras características adicionales a las que resultan evidentes a simple vista como pueden ser la ubicación, la superficie o la distribución. En este sentido la exigencia de justificación acreditada sobre la calidad constructiva y el consumo energético del inmueble debieran ser esenciales, como se muestra en la figura 3.

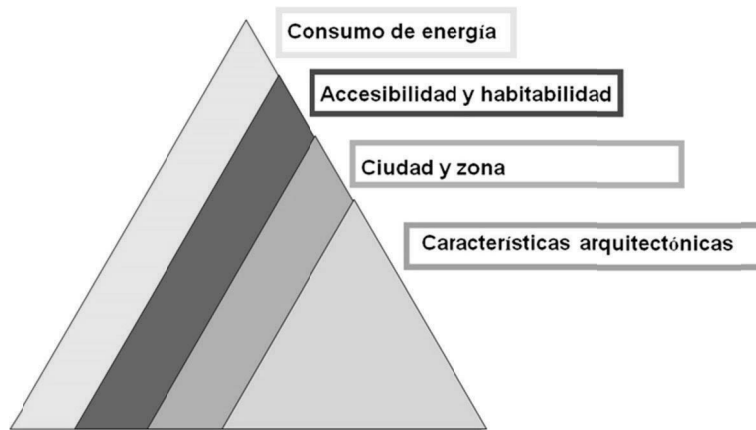


Figura 3. Concienciación social deseable sobre las características de los edificios.

La exigencia de edificios de bajo consumo energético así como de otras características que pudiéramos incluir bajo el concepto de construcción sostenible está siendo cada vez más habitual en edificios de uso terciario, bien por empresas comprometidas para sus sedes sociales, bien por segmentos de población concienciados en la búsqueda de servicios hoteleros. Sin embargo en el subsector residencial esta demanda no se ha producido.

En el proceso de concienciación de los propietarios de edificios de uso residencial sería de gran importancia que los administradores de fincas jugaran un importante papel de información y asesoramiento a sus administrados, ya que ellos son un colectivo imprescindible para abordar la mejora de la eficiencia energética en el parque inmobiliario existente a través de una rehabilitación integral de los mismos.

Mención especial cabe hacer al papel de los profesionales del sector que tienen la responsabilidad ante la sociedad y la capacidad de actuación para conseguir un parque inmobiliario más eficiente.

REFERENCIAS

- [1] Technical Guidance. *Financing the energy renovation of building with Cohesion Policy Funding*.
- [2] Richard Rogers. *Ciudades para un pequeño planeta*. Editorial Gustavo Gili. ISBN-13.978-84-252-1764-7.
- [3] *An investigation of the effect of EPC ratings on the house prices*. Department of Energy & Climate Change. UK Government. 17th June 2013.

HORIZONTE ENERGÉTICO, CERCANO Y FUTURO, Y LA INFLUENCIA DE LAS NOVEDADES REGLAMENTARIAS

Sara Sanz Jimeno, Dpto. Técnico, CONAIF

Resumen: El marco reglamentario desarrollando de un tiempo a esta parte nos dirige claramente en una dirección: eficiencia energética. Buscando un enfoque más centrado en la construcción, la meta es el edificio de consumo de energía casi nulo, concepto introducido por primera vez en la Directiva 2010/31/UE relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios. Para cumplir las exigencias de esta directiva, se tuvo que modificar el CTE, el RITE y la legislación referente a certificación de eficiencia energética, adaptaciones publicadas el pasado año. En el presente año, enero ha dado comienzo con la publicación en la web del Ministerio de Industria de la consulta pública del Proyecto de Real Decreto que transpone la Directiva 2012/27/UE, relativa a la Eficiencia Energética, en lo referente a auditorías energéticas y contabilización de consumos, medidas que contribuirán al ahorro y la eficiencia de la energía primaria consumida y optimizarán la demanda energética de la instalación.

Palabras Claves: Auditorías Energéticas, Concienciación, Contabilización de Consumos, Eficiencia Energética

INTRODUCCIÓN

De un tiempo a esta parte, motivado por una serie de hechos sociales (crisis económica, conflictos armados), medioambientales (calentamiento global), etc., se ha provocado un fenómeno a nivel mundial: Concienciación. Esa concienciación ha propiciado la necesidad de unión de todas las potencias mundiales con el propósito de buscar una solución a todos estos grandes problemas (evitar dependencia entre países, no seguir agotando los recursos naturales, reducir el daño que se le hace al planeta con emisiones de CO₂ y otros contaminantes). El problema radica en que nada se puede solucionar si solo queda escrito y aceptado por unos pocos. Todos los países se han de comprometer a cumplir todo eso que se ha acordado y llevarlo a cabo para que todo aquello que se ha decidido y que ha quedado plasmado en papel se haga realidad. En esta comunicación se va a tratar de aclarar y de exponer cuáles son todos esos compromisos y acciones que se están llevando a cabo para conseguir un fin común: reducir esa dependencia energética, ese consumo y esas emisiones a la atmósfera, enfocándonos en el sector de la edificación, que es el que nos ocupa en este Congreso.

MATERIAL Y MÉTODOS

El método que se ha utilizado en esta ocasión ha sido partir de los antecedentes, describir a continuación la situación en la que nos encontramos actualmente y qué horizonte se nos plantea.

RESULTADOS

Como continuación a lo expuesto en la introducción, se adjuntan una serie de gráficos para la mejor visualización de la situación en España.

Fuentes ktep	2007	2008	2009	2010	2011
Carbón	20.037	13.504	9.562	7.163	12.709
Productos Petrolíferos	71.548	68.670	63.602	61.167	58.415
Gas	31.778	34.903	31.219	31.123	28.986
Nuclear	14.360	15.369	13.750	16.155	15.045
Energías Renovables	10.007	10.552	12.465	14.944	14.667
<i>Biomasa</i>	4.231	4.206	4.606	4.560	4.838
<i>Biogás</i>	217	207	194	277	288
<i>RSU</i>	309	328	319	174	174
<i>Hidráulica</i>	2.349	2.009	2.271	3.638	2.631
<i>Eólica</i>	2.371	2.833	3.278	3.807	3.649
<i>Solar Fotovoltaica</i>	43,1	220,3	512,7	552,5	635,2
<i>Solar Termoeléctrica</i>	2	4	42	299	508
<i>Solar Térmica B.T.</i>	93	125	155	183	205
<i>Geotermia</i>	9	11	14	16	17
<i>Biocarburantes</i>	384	609	1.073	1.436	1.721
Saldo (Imp-Exp)	-495	-949	-697	-717	-524
TOTAL	147.235	142.049	129.902	129.836	129.298

Figura 1. Estructura de consumo de energía primaria por fuentes. 2007-2011.

Fuentes ktep	2007	2008	2009	2010	2011
Carbón	2.112	1.933	1.349	1.603	1.861
Productos Petrolíferos	54.110	51.343	47.392	46.449	43.686
Gas Natural	15.746	14.720	13.039	14.377	14.108
Electricidad	21.568	21.938	20.621	21.053	20.635
Energías Renovables	4.279	4.409	5.005	5.367	5.801
TOTAL	97.814	94.344	87.406	88.849	86.090

Figura 2. Estructura del consumo de energía final. 2007-2011.

Sectores ktep	2007	2008	2009	2010	2011
Industria	27.526	25.898	21.166	21.516	21.094
Transporte	41.979	40.208	37.620	36.921,62	35.684
Usos Diversos	28.309	28.238	28.620	30.411	29.312
<i>Residencial</i>	15.609	15.481	15.911	16.907	16.222
<i>Servicios</i>	8.810	9.289	9.398	9.790	9.540
<i>Agricultura</i>	2.928	2.682	2.347	2.228	2.062
<i>Otros no especificados</i>	962	786	965	1.487	1.488
TOTAL	97.814	94.344	87.406	88.849	86.090

Figura 3. Estructura sectorial del consumo de energía final. 2007-2011.

Lo que se puede observar en estas tablas es que, para empezar, la mayor fuente de energía primaria, con diferencia, son los productos petrolíferos y el gas, lo cual entraña una enorme dependencia energética de España, ya que no son recursos con los que contamos.

Respecto a cuál es el sector que más consume, aunque sea el transporte el que está por delante, la edificación también juega un papel muy importante.

Vistos los resultados de los diversos estudios mostrados, se enfatiza la necesidad de incorporar a la legislación española todos esos planteamientos marcados por las Directivas Europeas publicadas los últimos años, que, muy resumidamente, tenían los siguientes objetivos:

- Directiva 2002/91/CE: Establecimiento de requisitos de uso de la energía en edificios nuevos y existentes que lleven a cabo grandes obras de renovación, la introducción de certificados de eficiencia energética, y la exigencia de las inspecciones de sistemas de climatización de tamaño medio y grande.

- Directiva 2010/31/UE: Fue una refundición de la Directiva 2002/91/CE. En ella se indica la necesidad de adoptar una metodología de cálculo por parte de los Estados miembros, se incorpora el concepto de Edificios de Consumo de Energía casi Nulo, se amplía la información referente al Certificado de Eficiencia Energética y se desarrolla un apartado referente a incentivos financieros y barreras de mercado.
- Directiva 2012/27/UE: Establece que los Estados miembros han de fijar unos objetivos de eficiencia energética nacionales para el año 2020, comprometiéndose a la renovación del parque nacional de edificios residenciales y comerciales movilizandoinversiones, a la adquisición de productos y servicios eficientes, implantando sistemas de obligaciones de eficiencia energética para distribuidores y comercializadores, obligando a que los Estados miembros fomenten la implantación de un sistema de gestión energética y de la realización de las auditorías energéticas y promocionar la eficiencia en los sistemas de calefacción y de refrigeración. Centra sus esfuerzos en dos aspectos: Cogeneración de alta eficiencia y redes urbanas de calefacción y refrigeración.

La Directiva 2010/31/UE especifica que las instalaciones a las que se aplican los requisitos de eficiencia energética son las siguientes: Instalaciones de calefacción, de agua caliente, de aire acondicionado y de ventilación (artículo 8 de la Directiva); así como la necesidad de introducción de sistemas de medición inteligentes y de fomento de la instalación de sistemas de control activos, como sistemas de automatización, control y gestión orientados al ahorro de energía. En España, el reglamento que fija este tipo de instalaciones es el Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE), por lo que su revisión y modificación es fundamental para poder aplicar las políticas en materia de eficiencia. La publicación de la adaptación de dicho reglamento a la Directiva llegó el 5 de abril de 2013 (Real Decreto 238/2013), y en él se fijan los siguientes aspectos:

- Mayor rendimiento energético en los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos.
- Mejor aislamiento en los equipos y conducciones de los fluidos térmicos.
- Mejor regulación y control para mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados.
- Utilización de energías renovables disponibles.
- Incorporación de subsistemas de recuperación de energía y el aprovechamiento de energías residuales.
- Sistemas obligatorios de contabilización de consumos en el caso de instalaciones colectivas.
- Desaparición gradual de combustibles sólidos más contaminantes.
- Desaparición gradual de equipos generadores menos eficientes.
- Establecimiento de unos requisitos en relación con la eficiencia energética general, la instalación correcta y el dimensionamiento, control y ajuste de las instalaciones térmicas.
- Inspecciones periódicas en las instalaciones.

Ese mismo día, el 5 de abril, también se publicó el Real Decreto 235/2013 que regula la certificación energética de edificios, tanto nuevos como existentes, y establece que a partir del 1 de junio de 2013 será obligatorio poner a disposición de los compradores o arrendadores de edificios o de parte de los mismos (siempre que los alquileres tengan una duración superior a cuatro meses), un certificado de eficiencia energética.

Este certificado evalúa la eficiencia energética del inmueble (edificio entero o parte del mismo), otorgándole una calificación en una letra que varía de la A a la G. El documento tiene una validez de 10 años.

Además de la información objetiva sobre sus características energéticas, el certificado debe incluir recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética del inmueble. El objetivo de la medida es

fomentar el ahorro y la eficiencia, así como que se pueda valorar y comparar los edificios, con el fin de favorecer la promoción de aquellos que tengan alta eficiencia y las inversiones en ahorro de energía.

Como continuación y complemento a estas reglamentaciones, el día 27 de junio de 2013 se publicó la Ley 8/2013, de Rehabilitación, Regeneración y Renovación urbanas, cuyos objetivos son los siguientes:

- Potenciar la rehabilitación edificatoria y la regeneración y renovación urbanas, eliminando trabas actualmente existentes y creando mecanismos específicos que la hagan viable y posible.
- Ofrecer un marco normativo idóneo para permitir la reconversión y reactivación del sector de la construcción, encontrando nuevos ámbitos de actuación, en concreto, en la rehabilitación edificatoria y en la regeneración y renovación urbanas.
- Fomentar la calidad, la sostenibilidad y la competitividad, tanto en la edificación, como en el suelo, acercando nuestro marco normativo al marco europeo, sobre todo en relación con los objetivos de eficiencia, ahorro energético y lucha contra la pobreza energética.

Finalmente, en septiembre de 2013, se publicó la Orden FOM/1635/2013, que modifica el documento básico de ahorro de energía. Las novedades que incluye dicha orden son las siguientes:

Referente a la limitación de consumo energético:

- Justificación del consumo energético teniendo en cuenta equipos de climatización, iluminación (para terciario) y ACS. El consumo base se obtiene teniendo en cuenta características ocupacionales de los inmuebles y factores de conversión de energía primaria a energía útil.
- Limitación del consumo energético de energía primaria no renovable destinado a calefacción, refrigeración y ACS en edificios de uso residencial privado. Se impone un valor límite por superficie útil en función de la zona climática de invierno.
- La calificación energética para el indicador consumo energético de energía primaria debe ser de una eficiencia igual o superior a la clase B en edificios de uso distinto al residencial.

Referente a la limitación de demanda energética:

- El ámbito de aplicación incluye los edificios existentes con menos limitaciones que la versión anterior.
- En caso de renovación del 25% de la envolvente, habrá que comparar toda la demanda conjunta (tanto reformada como no) con el edificio de referencia, y tendrá que ser inferior.

Respecto al Rendimiento de las Instalaciones térmicas: Se rige por la última versión del RITE (mencionada anteriormente).

Respecto a la Eficiencia Energética de las Instalaciones de iluminación:

- Se modifican los valores límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI)
- Nueva justificación: Limitación de la potencia instalada por metro cuadrado destinada a la iluminación del edificio.
- Obligación de añadir al documento de justificación o memoria, información de la potencia total, superficie total iluminada y W/m² totales del edificio.

En lo referente a la Contribución Solar Mínima de ACS:

- La contribución solar mínima ya no depende del tipo de energía, solo de la zona climática.
- Se modifican los valores unitarios de consumo de ACS, reduciéndose el consumo de viviendas y apareciendo un factor de simultaneidad para edificios multifamiliares.

Respecto a la contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica, ha cambiado la cuantificación de la exigencia a la hora de obtener la potencia eléctrica mínima, ya que antes uno de los factores para dicho cálculo era variable, y ahora pasa a ser fijo igual a 5.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Como se puede observar, en el pasado 2013 el sector ha ido “regenerándose legislativamente” para poder aplicar todas esas políticas y planes que nos acerquen más al objetivo 20-20-20. Y tal y como ha comenzado este año, la tendencia va a ser la misma, intentando regular todos esos aspectos en los que no se había profundizado lo suficiente: auditorías energéticas, contabilización de consumos, factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria, aspectos fundamentales para asentar el camino hacia la eficiencia energética en la edificación.

Indicar también que en el pasado mes de junio de 2013 se publicó el Informe de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo con los Avances efectuados por los Estados miembros en la implantación de edificios de consumo de energía casi nulo. En él se insistía en la necesidad de establecer por parte de los Estados miembros un indicador numérico de uso de energía primaria, unos objetivos intermedios para mejorar la eficiencia energética de los edificios nuevos en 2015 e información sobre políticas y medidas financieras. En dicho informe, en el apartado referente a España, se indica que aún no se ha formulado una definición de edificio de consumo de energía casi nulo, y se informa acerca de la previsión de una tercera revisión del Código Técnico de la Edificación en el que ya se incluirá este concepto, en 2018, para tener la definición definitiva en 2019.

Finalmente, lo que se traduce de todo lo expuesto es que la meta a alcanzar es llegar al edificio de consumo de energía casi nulo, hecho al que ya se le ha puesto fecha en la Directiva 2010/31/UE (Art. 9, Apartado 1):

- “A más tardar el 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo, y de que
- Después del 31 de diciembre de 2018, los edificios nuevos que estén ocupados y sean propiedad de autoridades públicas sean edificios de consumo de energía casi nulo.”

La tendencia futura de la nueva construcción será maximizar todas esas ventajas que nos ofrece la ubicación de las casas, de manera que lleguemos a hacer realidad y extensible a toda la edificación, el concepto de casa pasiva que en el 1979 Edward Mazria incorporó gracias a su libro “Passive Solar Energy Book”. En este libro se dan ejemplos de viviendas que minimizan el uso de sistemas convencionales de calefacción y refrigeración aprovechando las condiciones climáticas y de asoleamiento de cada ubicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid. *Novedades del Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía.*

Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo. *Informe de los avances efectuados por los Estados miembros en la implantación de edificios de consumo de energía casi nulo.*

Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea Directiva 2010/31/UE.

Secretaría de Estado de Energía (MINETUR). *Informe sobre el Objetivo Nacional de Eficiencia Energética 2020-España.*

CÓMO GENERAR LA NECESIDAD DE REALIZAR UNA REHABILITACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO EN LOS CIUDADANOS: EL PROYECTO MADRID RENOVE RÍO

Pilar Pereda Suquet, Secretario General de la Junta de Gobierno, COAM

Inés Leal Maldonado, Vocal de la Junta de Gobierno, COAM

Manuel Leira Carmona, Vocal de la Junta de Gobierno, COAM

Resumen: El Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, COAM, pensando en la necesidad de que los ciudadanos entiendan el valor de la Rehabilitación de sus edificios, y a través de ellos, de sus hogares, ha planteado una estrategia de sensibilización ciudadana y ha lanzado el reto de hacer realidad una rehabilitación energética integral De Consumo de Energía Casi Nulo, con participación ciudadana y colaboración público-privada, materializada en el proyecto Madrid RENOVE Río. Se trata de concienciar a la ciudadanía de que la rehabilitación es posible, que van a consumir mucha menos energía, y por tanto ahorrar mucho dinero, que van a mejorar en confort, accesibilidad, calidad de vida, y que su hábitat va a revalorizarse de forma inmediata. Tras su magnífica acogida, el COAM ha lanzado los retos del Madrid RENOVE Hoteles y Madrid RENOVE +TU Municipio. El proyecto Madrid Renove se ha convertido en una estrategia general de cómo generar proyectos de rehabilitación en la ciudad a través de la participación ciudadana.

Palabras Claves: Administración, Arquitectos, Ayudas a la rehabilitación, Concurso arquitectura, Participación Ciudadana, Proyecto piloto, Rehabilitación Integral

INTRODUCCIÓN

RENOVAR del latín “renovare”, según la RAE, “Hacer como de nuevo algo, o volverlo a su primer estado. Sustituir una cosa vieja, o que ya ha servido, por otra nueva de la misma clase. Dar nueva energía a algo, transformarlo”. Eso es lo que se pensó cuando se ideó el Proyecto MADRID RENOVE.

Pero en estos momentos de crisis en los que cualquier inversión, por pequeña que sea, es un sacrificio, la ciudadanía no tiene la rehabilitación y el ahorro energético entre sus prioridades. Por ello el Colegio de Arquitectos de Madrid (COAM) quiso afrontar el reto de generar en los ciudadanos la necesidad de realizar una Rehabilitación de Consumo de Energía Casi Nulo.

El COAM ante las estadísticas que apuntaban a que en España existe un parque edificado de 26 millones de viviendas, de las cuales 15 millones supera los 30 años de antigüedad y casi 6 millones superan los 50 años, en febrero de 2013, inició una estrategia sobre rehabilitación que tenía como finalidad:

- El estudio de la situación actual, nueva reglamentación, posibles medidas a implantar, análisis de coste/beneficios, ayudas, formas de gestión, etc.
- La formación, sobre todo enfocada a los profesionales
- La información y difusión a la sociedad a través de charlas y medios de comunicación
- El análisis de resultados reales, para ello era necesario el ejemplo práctico, los casos pilotos representativos de diferentes sectores, residencial, hotelero, etc., donde poner en práctica las medidas del nuevo Plan de Rehabilitación puesto en marcha por el Gobierno.

En junio de 2013, la Ley 8/2013, de Rehabilitación, Regeneración y Renovación Urbanas, y el RD 233/2013 que regula el Plan Estatal de Fomento del Alquiler de Viviendas Rehabilitación Edificatoria y Regeneración y Renovación Urbanas 2013-2016, marcan un claro punto de inflexión en la tradición edificatoria española. Ambos recogen soluciones y líneas de ayuda innovadoras, que claramente

apuestan por reactivar el sector de la construcción a través de la rehabilitación, la regeneración y la renovación urbanas. Pero el COAM piensa que falta la parte fundamental de la estrategia, la divulgación hacia la sociedad, la concienciación del ciudadano. En este sentido se pensó que para llegar hasta el ciudadano lo mejor era implicarle en el proceso y ofrecerle participar en la elección de una Comunidad de Propietarios que quisiera ser ese ejemplo piloto que diera vida a un caso práctico de verdadera rehabilitación energética integral.

EL PROYECTO DE MADRID RENOVE RÍO

En esta aventura, el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid no podía estar solo, necesitábamos compañeros que nos ayudaran a llevarla a cabo, y quien mejor que importantes empresas del sector que estaban claramente convencidas de que esto tenía que salir adelante y que, contando con las ayudas de la Administración, sabían que era posible hacer realidad esta iniciativa.



Figura 1. El área de actuación del Proyecto Madrid RENOVE Río

También necesitábamos incorporar a la Administración, Ayuntamiento de Madrid, Comunidad de Madrid, Ministerio de Fomento, Ministerio de Medio Ambiente, además de otras instituciones que quisieron unirse a nosotros, como el Instituto Eduardo Torroja de la Construcción, la Fundación Once y la Organización de Consumidores y Usuarios, CECU.

El proyecto Madrid RENOVE Río está concebido como una auténtica colaboración público-privada, por ello se cuenta con la ayuda de importantes empresas del sector que apoyan la iniciativa desde sus comienzos.

Era importante elegir un lugar que tuviera visibilidad para que la mayor cantidad posible de ciudadanos del entorno pudiera seguir la evolución del proyecto y ver de cerca las mejoras conseguidas. Si además la zona sobre la que llevar a cabo la actuación era un lugar de atracción de ciudadanos otros lugares de Madrid o de fuera de Madrid, mucho mejor.

Por ello, se pensó en Madrid Río, emplazamiento que cuenta con una regeneración urbana ejemplar que ha convertido esta zona de Madrid en un lugar muy visitado y por donde pasean, a pie o en bicicleta, corren, patinan y descansan habitualmente numerosos viandantes. Era el marco perfecto para hacer una actuación replicable y con mucha visibilidad, donde además la asignatura pendiente era justamente la renovación de sus edificios. Teniendo en cuenta la proyección social que caracteriza este reto y que lo diferencia claramente de otras iniciativas similares, se quería contar desde el inicio con la participación ciudadana.

Por ello la primera acción fue convocar un concurso al que los ciudadanos podían presentar sus edificios para optar a ser los seleccionados para la rehabilitación de los mismos. Este concurso se convocó a principios del mes de julio de 2013, después de una campaña de promoción ciudadana mediante reparto de información por las comunidades de vecinos de Madrid Río, en las Juntas Municipales de Distrito relacionadas, en los kioscos y espacios de reunión, con acciones de participación infantil en el

propio Madrid Río, y a través de la Oficina de Concursos del Colegio Oficial de Arquitectos, la OCAM, quién atendió las dudas de los numerosos vecinos que se interesaban por la iniciativa.

Al concurso Madrid RENOVE Río podían concurrir todas aquellas comunidades de propietarios de inmuebles residenciales situados en primera línea del ámbito de Madrid Río, que estuviesen interesadas en la mejora energética integral de su edificio. De hecho uno de los requisitos más valorados para seleccionar el edificio fue el grado de implicación y acuerdo de la comunidad de vecinos.

De esa forma, en el mes de Octubre de 2013, justo en el momento en el que se daban a conocer las Ayudas Públicas para la Rehabilitación, se eligió como edificio ganador del concurso de Madrid RENOVE Río, la torre de once plantas situada en el nº 2 de la Avenida de Manzanares, construida en 1967, donde los 46 vecinos que habitan en ella se van a beneficiar del primer proyecto Madrid RENOVE Río, que irá seguido de otros muchos, y con el que el COAM trata de conseguir un efecto viral para extender la rehabilitación a todo Madrid Río y ¿por qué no? a la ciudad entera de Madrid.

Lo más importante era conseguir un edificio representativo de las tipologías de Madrid Río, y casi de Madrid, donde vivan familias medias, con los problemas que tiene en la actualidad la sociedad española, para que realmente la iniciativa sea, de verdad, un “prototipo”, sea replicable, sirva para demostrar que la rehabilitación integral de consumo de energía casi nulo es posible, que mejora la habitabilidad y el confort de sus viviendas con una inversión más que razonable, y que además tiene un ahorro inmediato en su factura de consumo de energía.

El edificio seleccionado reunía además otras condiciones muy favorables, como ser un edificio aislado con cuatro fachadas, bastante deterioradas, con distintas orientaciones, dónde podían aplicarse soluciones climáticas específicas. También presentaba problemas de accesibilidad.

Las primeras reuniones no fueron fáciles, no todos los vecinos querían subirse a un barco que no veían del todo claro adonde les conducía, además tampoco entendían el motivo por el que tenían que emprender un viaje sin “necesidad”.

Había dos preguntas clave en el aire, ¿cuánto me cuesta el viaje? ¿hasta cuándo me puedo bajar del barco sin tener problemas?, o lo que es lo mismo ¿cuánto me cuestan las obras?, y ¿cuando empiezo a tener que comprometerme con el proyecto? Lo segundo era fácil cuando se pudiera delimitar el cuánto. Pero ¿cómo decirles cuánto sin saber qué?

Sensibilización para la Rehabilitación

El proyecto comienza con un trabajo de formación y sensibilización de la comunidad de propietarios por parte de todos los agentes implicados en el proceso.

Lo primero fue enseñar a todos los vecinos de la Avenida de Manzanares nº 2 lo que era una termografía y lo que decían de su envolvente las termografías de sus fachadas, explicarles lo que significa la letra E de la calificación energética que tiene su edificio, y analizar con ellos las posibles soluciones. Ahora ya saben lo que es un “sate”, una fachada ventilada, un vidrio bajo emisivo, y cómo con las mejoras que van a realizar van a conseguir subir la calificación energética de su edificio en, como mínimo dos letras, aunque la idea es poder llegar a la letra B, y lo que esto implica en cuanto al ahorro en la factura de energía. También se habló de renovables, ¿solar térmica, biomasa?

Y, esas termografías que mostraban claramente cómo se escapaba ese calor que tan caro les costaba, y las cifras del ahorro de energía del Certificado de calificación energética de su edificio, les hacían pensar en el ahorro en la factura y fueron determinantes a la hora de inclinar la balanza hacia el lado del Sí quiero rehabilitar.

También de estos encuentros salieron condiciones a tener en cuenta en el proyecto, como la importancia de realizar todas las obras desde el exterior, no interviniendo en el interior de las viviendas, o la posibilidad de incorporar energía solar térmica para el Agua Caliente Sanitaria.



Figura 3. El estado actual del edificio Avda. Manzanares 2 en Madrid Río.

El Concurso de Arquitectura Previo a la Rehabilitación

El segundo aspecto que diferencia este reto de otras iniciativas similares, es la participación abierta de los profesionales. El Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid quiere con este reto ir más allá y demostrar los beneficios que tiene para la sociedad contar con los profesionales para renovar con mayúscula los edificios.



Figura 4. El Jurado del Concurso de Arquitectura durante sus deliberaciones.

Por ello, una vez seleccionada la comunidad de propietarios que iba a ser objeto de la intervención, se convocó un concurso de ideas de arquitectura cuyo objetivo era la selección de la mejor propuesta para la rehabilitación del edificio residencial de la Avenida del Manzanares.

Tampoco fue fácil transmitir a los vecinos que no iban a conocer el nombre, y por ende la cara, del o de los arquitectos elegidos para llevar a cabo esta renovación de su edificio antes de decidir la propuesta ganadora.

¿Por qué esos lemas?, preguntaban, hasta comprender que los proyectos que se presentaban eran anónimos, y que su autor se revelaría una vez conocida la propuesta ganadora.

Era claro que la decisión final debía ser suya, por eso la Comunidad de Propietarios, aunque tenía un solo voto, este era de calidad. No se elegiría ninguna propuesta que no tuviese el voto positivo de los vecinos.

Dieciséis arquitectos presentaron sus propuestas, cualquiera de ellas podría haber sido la ganadora, todas ellas aportaban soluciones de altísimo interés, pero sólo una podía ser la elegida.

El jurado presidido por el Decano del COAM, estuvo constituido por miembros del COAM, representantes de la Administración, Ministerio de Fomento, Comunidad de Madrid, Ayuntamiento de Madrid, IDAE, Fundación ONCE, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, representantes de las empresas patrocinadoras, y los propios vecinos.

Este jurado fue otra muestra del alto nivel de participación ciudadana, los vecinos tuvieron la oportunidad de conocer cómo se fallan los concursos de arquitectura, ese acto que se hace siempre en la intimidad de los profesionales se abrió a los ciudadanos, y de forma natural todos confluyeron en que esa era la propuesta ganadora: la presentada con el lema APPLEREHAB.

Dos estudios, el estudio Ubagozuleta, formado por Jaime Martínez de Ubago y Aldara Zuleta, y el estudio Abee, formado por Clara Ulargui y Eva Lucas, eran los autores de APPLEREHAB y van a ser los encargados de llevar a cabo esta rehabilitación.



Figura 5. Vista general de Madrid Río con la nueva propuesta.

Se trataba de una propuesta estudiada que daba respuesta a las necesidades de las distintas orientaciones, que tenía muy en cuenta la viabilidad técnica y económica, que ofrecía alternativas en el tiempo, que daba solución a la uniformidad de las fachadas sin intervenir en el interior de las viviendas, algo de capital importancia para los vecinos.

La viabilidad Económica de la Rehabilitación

Ya empezábamos a estar en disposición de poder decir cuánto. En una primera idea podría surgir la tentación “de los vecinos no pagan”. Pero eso no hubiera servido como piloto, no habría sido un caso replicable. Cuando Don Inocencio pregunte a Don Gregorio ¿Cuánto os ha costado?, éste tiene que decirle que ha puesto equis euros todos los meses, de esa forma Don Inocencio entenderá que él también lo puede hacer.

No obstante este primer reto, además de las ayudas públicas concedidas a través del IDAE, 30% de la mejora de la envolvente a fondo perdido y créditos a devolver en doce años, al euribor+0, cuenta con importantes aportaciones de las empresas intervinientes, además de los ahorros de energía que se van a conseguir mejorando la calificación energética del edificio, lo que va a suponer que la aportación

económica de los vecinos se situó en torno al 60%-65% de la inversión y que sea fácilmente financiable a través de un pequeño incremento de la cuota mensual actual de la comunidad de propietarios.

Actualmente, abril 2013, estamos a un paso de llegar a conocer cuál va a ser realmente el coste de la renovación completa del edificio, en ese momento los vecinos deberán decidir hasta donde quieren que les lleve el cruce, deberán comprar los billetes y el barco zarpará con rumbo y destino conocido.

CONCLUSIONES

En estos momentos de crisis en los que cualquier inversión, por pequeña que sea, es un sacrificio, la ciudadanía no tiene la rehabilitación y el ahorro energético entre sus prioridades. Por ello tenemos que ser los técnicos, los profesionales, administradores de fincas, organizaciones de consumidores, con ayuda de los medios de comunicación, y de las Administraciones públicas quienes llevemos el mensaje de los beneficios de estas actuaciones a las familias. Para ello es importante mostrar modelos y sus resultados.

El COAM apuesta claramente por la rehabilitación integral, huyendo de la hasta ahora mal denominada "rehabilitación energética" con intervenciones parciales de sustituciones de equipos o ventanas, que no ha resuelto en absoluto el problema real de ahorro de energía, que es el de menor consumo, o todavía más el de consumo casi nulo de energía, donde sólo cabe considerar la mejora del edificio como una unidad.

Además desde el COAM entendemos que tampoco se trata de envolver sin más los edificios, que hay que buscar soluciones personalizadas que sigan el principio de mejorar siempre lo existente, no sólo energéticamente hablando, sino también como arquitectura. Para ello es preciso contar con los profesionales.

El interés del COAM con estos proyectos no es otro que llevar a la ciudadanía el mensaje claro de que la rehabilitación es un beneficio para ellos como moradores de los edificios y por ende de la ciudad, ya sean propietarios o inquilinos, sólo cuando la ciudadanía sea consciente de ello, empezará a despegar el sector de la rehabilitación. Se trata de conseguir que todos los ciudadanos se sientan identificados con la actuación realizada en esta comunidad de vecinos y quieran hacerla suya y reproducirla en su comunidad.

Queremos hacer una reflexión colectiva sobre rehabilitación residencial, con la voluntad de acometer actuaciones de rehabilitación de gran calado, de las que se derive un exhaustivo análisis cuyas conclusiones puedan ser exportadas a actuaciones sobre diferentes edificaciones.

La viabilidad de la Rehabilitación Integral de Consumo de Energía Casi Nulo, este es el reto que tenemos que asumir.

AGRADECIMIENTOS

El Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid quiere agradecer el apoyo incondicional a este proyecto recibido por parte de la Administración a través del Ministerio de Fomento, la Oficina Española de Cambio Climático, el IDAE, la Comunidad de Madrid, el Ayuntamiento de Madrid, con mención especial a la Junta Municipal del Distrito La Latina. Gracias también a la Fundación Once, el Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y E-building y, por supuesto, a las empresas, Grupo Saint Gobain, Fernández Molina Obras y Servicios, Eneres, Orona, Grupo Lledó y Danfoss, sin cuya colaboración y patrocinio no hubiese sido posible sacar adelante este reto.

PROYECTO ENTRANZE: POLÍTICAS PARA REFORZAR LA TRANSICIÓN A EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO EN EUROPA

María Fernández Boneta, CENER

Inés Díaz Regodón, CENER

Resumen: El objetivo del proyecto ENTRANZE es apoyar activamente la formulación de políticas mediante la aportación de datos, análisis y directrices con el fin de reforzar y acelerar la penetración de los nZEB y RES-H/C en el parque de edificios existentes de cada país europeo. El proyecto ENTRANZE pretende actuar de conexión entre expertos europeos del campo de la investigación, responsables nacionales de las políticas energéticas, y los principales agentes involucrados, con la idea de construir una ambiciosa, pero a la vez realista, hoja de ruta dirigida hacia este objetivo.

Palabras Claves: Cálculo Coste-Óptimo, Clima, Coste Global, Edificio de Referencia, Energía Primaria, EPBD2010, Escenario Energético, Instrumentos, Medida de Mejora, Políticas

OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo del proyecto ENTRANZE es apoyar activamente la formulación de políticas mediante la aportación de datos, análisis y directrices con el fin de reforzar y acelerar la penetración de los nZEB y RES-H/C en el parque de edificios existentes de cada país europeo.

El proyecto ENTRANZE pretende actuar de conexión entre expertos europeos del campo de la investigación, responsables nacionales de las políticas energéticas, y los principales agentes involucrados, con la idea de construir una ambiciosa, pero a la vez realista, hoja de ruta dirigida hacia este objetivo.

El proyecto se inició en abril de 2012 y concluirá en septiembre 2014.

El proyecto ENTRANZE está subvencionado por la Comisión Europea, a través de la Agencia Europea para la Competitividad y la Innovación (EACI), dentro del programa "Intelligent Energy - Europe".

El coordinador del proyecto es Energy Economics Group EEG de la Universidad Politécnica de Viena (Austria) y el resto de socios del proyecto son: Centro Nacional de Energías Renovables CENER (ES), National Consumer Research Centre NCRC (FI), Fraunhofer Society for the advancement of applied research (DE), end use Efficiency Research Group eERG del Politecnico di Milano (IT), Öko-Institut e.V. oeko (DE), Sofia Energy Agency SOFENA (BG), Buildings Performance Institute Europe BPIE (BE), Enerdata (FR), The Energy Efficiency Center SEVEn (CZ).

Contenido general

El proyecto permitirá el diseño de políticas con base empírica a partir de:

- Una herramienta gráfica on-line de fácil acceso con datos de los edificios, indicadores de demanda energética y resultados de escenarios estudiados;
- Un análisis sobre niveles óptimos de rentabilidad de nZEB;
- Una visión general de una serie de políticas integradas que apuntan al concepto nZEB;
- Modelos de escenarios hasta 2030 (elaboradas en las conversaciones con los responsables de toma de decisiones para la configuración de diferentes políticas);

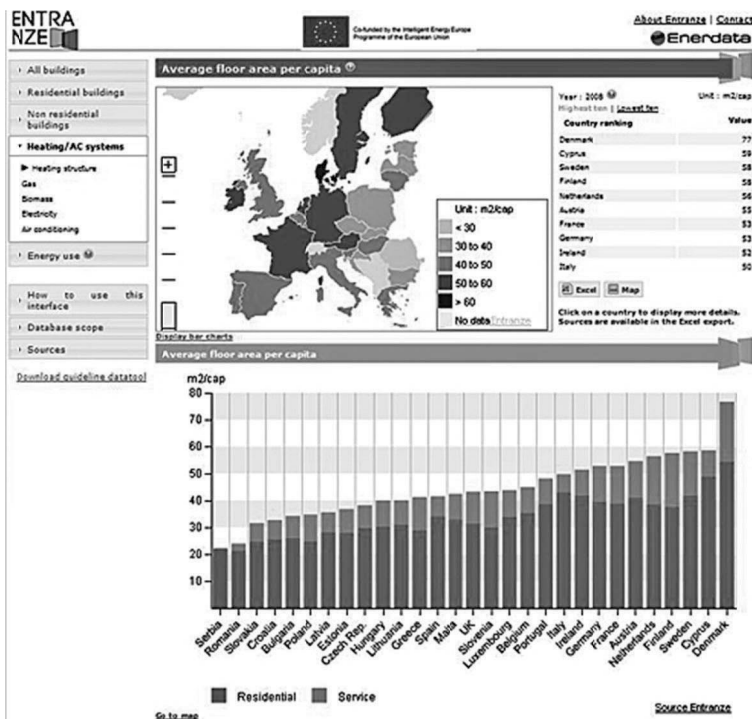


Figura 1. Online data tool elaborada para el proyecto ENTRANZE (<http://www.entranze.eu>).

Cálculo coste-óptimo

De acuerdo con el Artículo 5 y Anexo III de la Directiva 2010/31/EU (EPBD Recast) y con el Reglamento (EU) No 244/2012, la Comisión establece un marco metodológico comparativo para ser usado por los Estados Miembros en el cálculo de los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética para los edificios de nueva construcción y los existentes.

Dentro del contexto del paquete de trabajo W3 del proyecto ENTRANZE se ha seguido y aplicado esta metodología, suministrada por la Comisión a través de las guías que acompañan a la Directiva. En la misma se especifica cómo comparar las distintas medidas de eficiencia energética, la evaluación del coste asociado a su implementación y cómo aplicarlas a los edificios de referencia con el objetivo de identificar los niveles de rentabilidad óptima asociados a los requerimientos mínimos de energía.

La metodología específica ha consistido en:

Definición de los edificios de referencia

De acuerdo con el Anexo III de la EPBD 2010 y Anexo I de la Regulación, los EM deben definir edificios de referencia con el propósito de llevar a cabo la metodología de coste óptimo para representar de forma media el parque edificatorio, ya que no es posible calcular la rentabilidad óptima para cada edificio de forma individual. Los edificios seleccionados para el proyecto corresponden a un unifamiliar (140m²), un edificio residencial en bloque (990m²), un edificio de oficinas (2.340m²) y un colegio (3.150m²), todos ellos con una antigüedad de 40 años. Todos estos edificios han sido modelados mediante EnergyPlus v7.1.

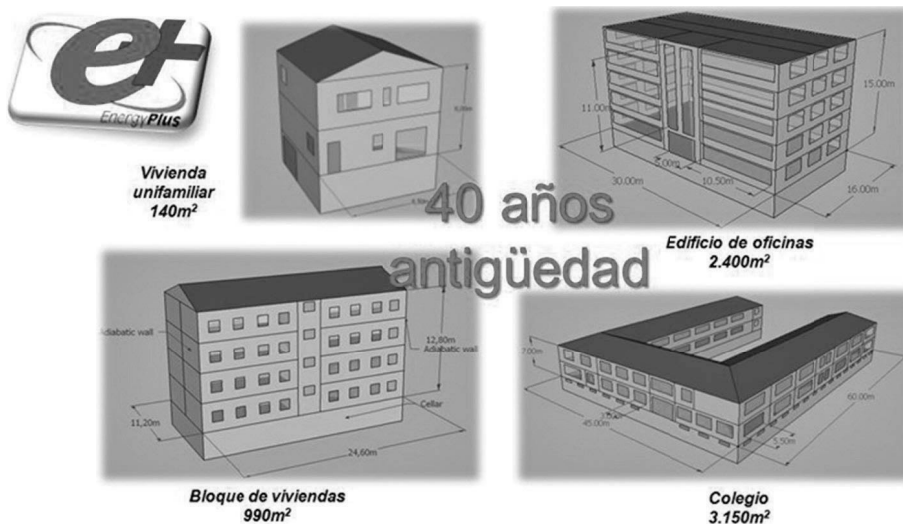


Figura 2. Edificios de referencia para el cálculo coste-óptimo.

Definición de los conjuntos de medidas de mejora de la eficiencia energética

Se recomienda que las medidas de mejora se agrupen en paquetes y/o variantes, ya que esta combinación puede generar efectos de sinergia que den lugar a mejores resultados que medidas aisladas. Así, los paquetes de medidas seleccionados están compuestos por la combinación de medidas sobre la envolvente (opacos y huecos), medidas pasivas, medidas que actúen sobre el rendimiento de los sistemas (generación, distribución, control, ventilación) y medidas basadas en fuentes de energía de origen renovable. El proyecto ha incluido la evaluación de un gran número de variantes, siguiendo el siguiente esquema:

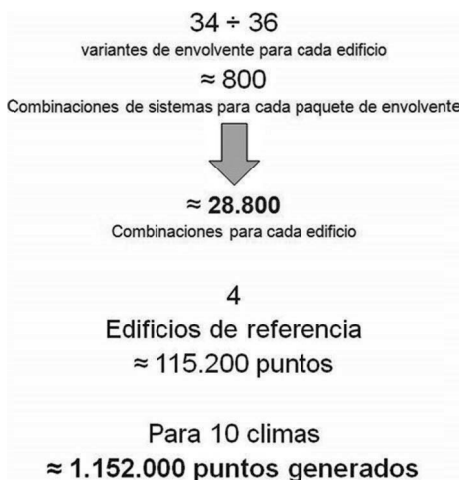


Figura 3. Esquema de cálculo de variantes realizado.

La selección de los climas para el estudio, tratándose de la UE-27, se ha basado en las severidades climáticas de invierno y verano, así como en la relevancia en cuanto a núcleos urbanos, seleccionado finalmente: Sevilla (ES), Madrid (ES), Roma (IT), Milán (IT), Bucarest (RO), Viena (AT), París (FR), Praga (CZ), Berlín (DE) y Helsinki (FI).

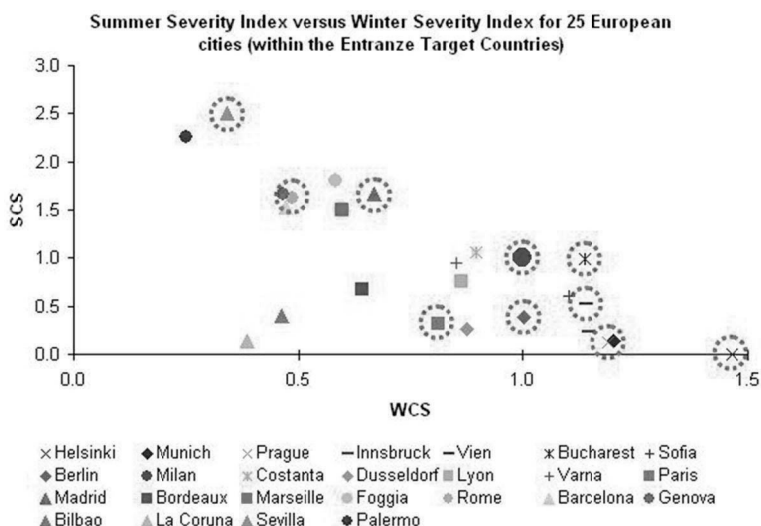


Figura 4. Severidad Climática (WCS) de Invierno vs Severidad Climática de Verano (SCS).

Cálculo del consumo de energía primaria asociada a los edificios de referencia + MMs

El objetivo del proceso de cálculo es determinar el consumo anual en términos de energía primaria, incluyendo el consumo de calefacción, ventilación, ACS e iluminación, tanto de los casos base o de referencia (edificios con una reforma mínima que no afecta a su comportamiento energético) como tras la implementación de los paquetes de medidas de mejora de la eficiencia energética.

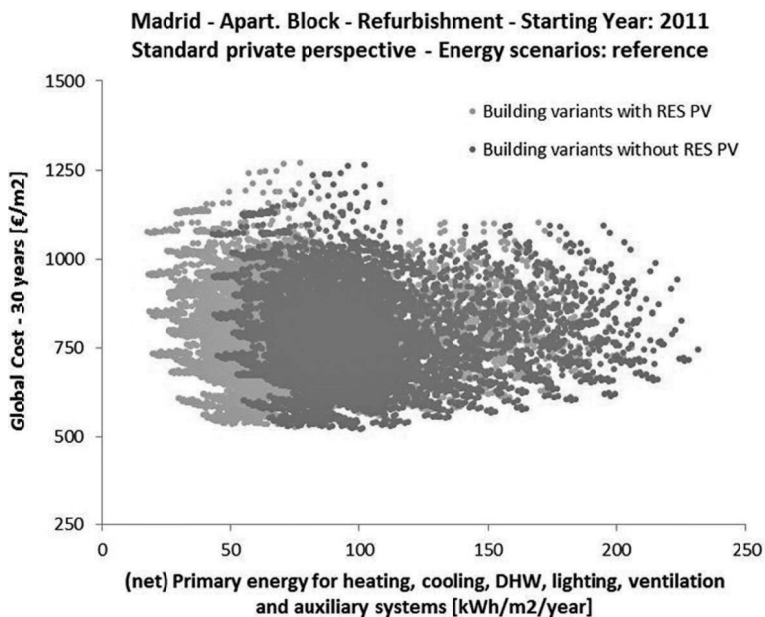


Figura 5. Nube de puntos "Energía primaria – Coste global" en Madrid para el edificio bloque de viviendas.

Cálculo del coste global de los paquetes de medidas de mejora

De acuerdo con el Anexo III de la Directiva y Anexo I de la Regulación, la metodología está basada en el valor actual neto de los costes globales de implementación de las MMs. El cálculo del coste global incluye la inversión inicial (para lo que se ha desarrollado una base de datos de costes para cada uno de los países en el contexto del proyecto), la suma del coste de operación anual para cada año y el coste de sustitución (si procede), todo referido al año inicial.

Definición de la curva “coste-energía”

Por último, se han representado los casos evaluados en forma de nube de puntos como el siguiente gráfico para identificar las zonas de mínimo consumo de energía primaria y mínimo coste global.

Del análisis de las nubes de puntos referentes a cada edificio se han seleccionado 4 paquetes de medidas de mejora para cada edificio de referencia y cada zona climática. Éstos serán los considerados bajo las distintas hipótesis de reforma del parque edificatorio existente para proyectar los escenarios energéticos hasta 2030. No se cuenta a día de hoy con resultados definitivos de esta fase del proyecto, con lo que únicamente a nivel ilustrativo se muestra a continuación un ejemplo:

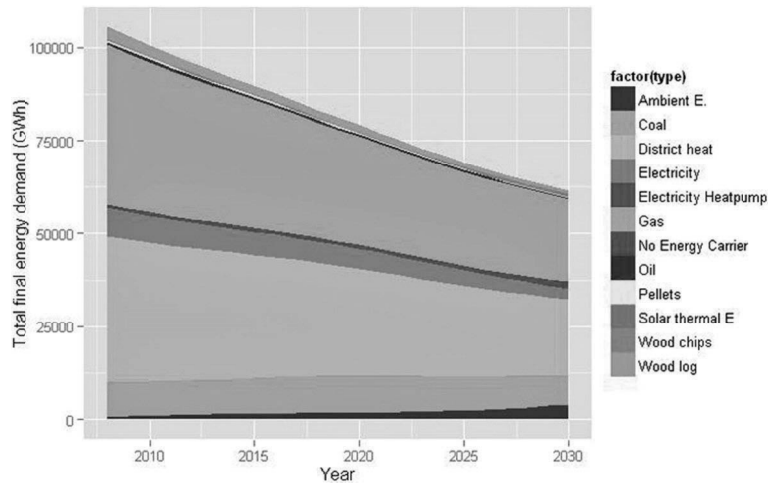


Figura 6. Ejemplo de escenario energético hasta 2030.

Tanto del grupo de variantes contenidas en la “zona de mínima energía primaria” como de las contenidas en la “zona de coste óptimo” de la nube, se ha efectuado un estudio estadístico identificando qué tecnologías se encuentran con más probabilidad entre estos grupos.

Tras este análisis se escogieron los conjuntos de 20-25 paquetes de medidas compuestos por las tecnologías más representativas de las estas zonas (mínima energía y mínimo coste global) para representarlas en matrices “coste de inversión – energía primaria” de forma que permita tomar decisiones en este aspecto. La selección de los 4 paquetes más relevantes se escogió finalmente con el siguiente criterio:

- **Renovación 1:** objetivo del mínimo coste global con el mínimo consumo de energía primaria.
- **Renovación 2:** objetivo de 50% de reducción de energía primaria respecto el caso base + límite de 100 kWh/m²año.
- **Renovación 3:** objetivo de 75% de reducción de energía primaria respecto el caso base + límite de 50 kWh/m²año.
- **Renovación 4:** mínimo global de energía primaria neta.

Toda la información sobre las hipótesis de cálculo, así como los informes detallando los resultados, bases de datos de costes y las matrices “coste-energía” para cada país estudiado, se encuentran disponibles o se encontrarán en su totalidad en breve a través de la página web del proyecto: www.entranze.eu. Igualmente, los escenarios energéticos proyectados a 2030 estarán disponibles, bajo las hipótesis de reforma seleccionadas según el clima y los paquetes de políticas o instrumentos para fomento de la eficiencia energética, seleccionados para el modelo en cada país.

Beneficios

Los beneficios que se extraen de los resultados del proyecto son principalmente que los desarrolladores de las políticas y otros agentes interesados podrán:

- Obtener un profundo conocimiento del impacto de los instrumentos políticos que apoyen la renovación integral y el aumento de las renovables en los edificios.
- Acceder a un amplio conjunto de datos relevantes para la toma de decisiones. Esto proporciona transparencia y garantiza la confianza a largo plazo de este sector.
- Involucrarse activamente en el proceso y en un debate de mayor profundidad.
- Aprender de la experiencia en otros países.
- Se espera que esto proporcione una base estable para aumentar la penetración de nZEB y RES-H/C, en particular en la rehabilitación de edificios.

Descripción de acrónimos:

nZEB/EECN: nearly Zero Energy Building/ Edificio de Energía Casi Nulo

RES-H/C: Renewable Energy Systems- Heating/ Cooling

EPBD 2010: Energy Performance Building Directive 2010 (Directiva 2010/31/EU)

EM: Estado Miembro

MMs: Medidas de Mejora

SUPERMERCADO EROSKI CERO EMISIONES, EL PRIMER MODELO DE TIENDA 100% SOSTENIBLE CON UN BALANCE NEUTRO EN EMISIONES DE CO2

Gotzone Artabe Larraskitu, Responsable de Medio Ambiente y Sostenibilidad, Eroski

Resumen: Tras una larga trayectoria en materia de sostenibilidad, Eroski ha logrado en 2012 uno de sus mayores hitos ambientales. EROSKI Center de Oñati es una tienda con un balance neutro en emisiones de CO2 donde, gracias a la incorporación de criterios de construcción sostenible, medidas de eficiencia energética y utilización de energías renovables, se logra un ahorro del 60% del consumo energético con respecto a un centro convencional. Las emisiones derivadas del resto del consumo se compensan mediante la compra de energía verde. Es tal el valor medioambiental de las nuevas instalaciones que este supermercado es reconocido a través la certificación BREEAM-España de construcción sostenible, el primero en el estado, y el primero en Europa en alcanzar la certificación ISO 50001 de gestión energética. Esta apuesta estratégica de Eroski, que se proyecta a largo plazo, persigue promocionar un consumo sostenible entre sus clientes y todos los ciudadanos.

Palabras Claves: Balance Neutro, Cero Emisiones, Construcción Sostenible, Eficiencia Energética, Sostenibilidad

INTRODUCCIÓN

Eroski es una cooperativa de consumo, con un modelo socio-empresarial distinto, del que forman parte los consumidores. Persigue generar empleo sostenible y de calidad y su vocación por una relación responsable con el entorno forma parte de su modelo de gestión y estrategia empresarial.

Apuesta por el triple balance corporativo. La responsabilidad empresarial debe hacer compatibles el crecimiento y la generación de valor, contribuir al desarrollo social allí donde está instalado y hacerlo con el menor impacto medioambiental posible. Y, por tanto, apuesta por la responsabilidad social corporativa. Desde su creación, devuelve el 10% de sus beneficios a la sociedad mediante iniciativas de valor para el consumidor y la comunidad en general. Desarrolla buena parte de esta actividad mediante Fundación EROSKI.

Su misión es integrar al cliente, que se sienta como en casa cuando visite nuestras tiendas y, por tanto, que estas sean acogedoras, saludables y que estén a la última en innovación. Persigue obtener unos beneficios que le permitan generar más riqueza y distribuirla de forma solidaria, mostrando, además, un gran compromiso con la salud, el bienestar y el desarrollo sostenible de la sociedad.

Su lema “contigo” persigue acercarse al cliente y convertir nuestras tiendas en las preferidas de los consumidores.

Cinco sencillos valores definen su proyecto empresarial y la manera de relacionarse con las personas y con el entorno en el que desarrolla su actividad:

- Cooperación. Las personas que trabajan en EROSKI son propietarias. Esto significa que participan en el capital de la empresa y, en consecuencia, en sus resultados económicos y en su devenir futuro.
- Participación. Una de las principales diferencias entre una cooperativa y otro tipo de empresa es la participación que permite a sus trabajadores esta fórmula. EROSKI articula esa participación en los principales ejes de la empresa: la gestión, las decisiones y los resultados.
- Responsabilidad social. Contribuye al bienestar de la comunidad en la que actúa, incidiendo en su desarrollo social, cultural y económico mediante la distribución solidaria de la riqueza.

- Innovación. Cree que la renovación permanente en cualquier ámbito de su actuación es necesaria para el progreso empresarial y para adaptarse a las expectativas que su actividad genera en la sociedad y en los consumidores.
- Compromiso. Integra en su día a día la defensa de la salud y seguridad de los consumidores a través de una oferta de productos sanos, seguros y saludables, y mediante una información transparente, útil y completa. Al mismo tiempo, reduce los impactos medioambientales que genera su actividad.

El Plan de Sostenibilidad Medioambiental de Eroski contiene las líneas estratégicas de desarrollo de su actividad en cuanto a la sostenibilidad medioambiental para dicho periodo. Este persigue, en coherencia con su misión, ser un distribuidor reconocido por el cliente por su gestión medioambiental.

En este sentido, su plan estratégico apunta a una optimización del uso de los recursos en todos los ámbitos de su actividad.

Siendo una de las principales empresas de distribución a nivel nacional Eroski cuenta con más de 2.000 tiendas de diversos formatos y negocios. Por tanto, una de las líneas de actuación prioritarias está directamente relacionada con la optimización de los puntos de venta, de ahí la apuesta por la construcción sostenible y la eficiencia energética.

La trayectoria comienza en 2008 cuando Eroski desarrolla, en colaboración con la Sociedad Pública Vasca de Gestión Medioambiental (IHOBE), una guía de construcción comercial sostenible.

Además, desarrolló un estudio de la mano de CENER (Centro Nacional de Energías Renovables) y distintas ingenierías expertas para identificar los principales consumos energéticos de las tiendas. El esquema básico del consumo eléctrico de un punto de venta tipo de Eroski es el siguiente:

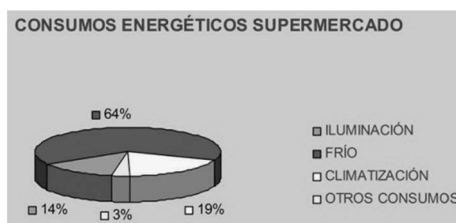


Figura 1. Consumos energéticos del supermercado.

Los esfuerzos se centraron en los consumos más prioritarios y se identificaron más de 200 actuaciones de aplicación en los centros con el objetivo de reducir el impacto asociado al consumo energético y la propia construcción de las tiendas.

A partir del año 2009 comenzó a testar las medidas de ecoeficiencia en diferentes hipermercados y supermercados, confirmando la efectividad real de las simulaciones energéticas aplicadas durante el estudio.

Ya en el 2010 y 2011, de la combinación y la integración de varias de estas medidas en equipamiento de frío industrial, climatización e iluminación en un mismo centro nacen las tiendas ecoeficientes, en Gros (Guipúzcoa) o Castro Urdiales (Cantabria). En estas instalaciones se logra un ahorro energético de en torno al 15-20%, en comparación con una no ecoeficiente, con la consiguiente reducción de impacto en emisiones de CO₂.

Y todo este camino desemboca en el año 2012 con la inauguración del primer supermercado cero emisiones.

EL PROYECTO

En la concepción y el funcionamiento de esta infraestructura 100% sostenible de referencia a nivel estatal y europeo, se han tenido en cuenta cuatro aspectos básicos:

Construcción sostenible

Todos los criterios de edificación que se han seguido para levantar la tienda buscan cuidar el medio ambiente:

Empleo de materiales ecológicos y reciclados (por ejemplo, lana de roca mineral, asfalto reciclado procedente de neumáticos usados). Incluso los residuos de demolición del antiguo centro se han reutilizado como parte del relleno en el acondicionamiento del nuevo parking.

- Aislamiento en cubierta y cierres para evitar pérdidas térmicas.
- Sistemas de ahorro de agua: dobles pulsadores, aireadores en grifería o urinarios secos.
- Claraboyas en la cubierta y fachada delantera de cristal que contienen lentes prismáticas que captan el máximo de luz y optimizan su difusión.

Se han realizado simulaciones energéticas con software específico, programa Energy Plus que permite evaluar el nivel de aprovechamiento de la luz natural y explorar alternativas para reducir el uso de la iluminación artificial, así como calcular el consumo energético y la emisión de CO2 derivados de los sistemas de climatización empleados, así como del uso de las luminarias, aparatos y equipos. Finalmente se han colocado claraboyas en un 7% de la superficie total de la cubierta.

- Parking “verde” para bicicletas y vehículos eléctricos para el servicio a domicilio (con punto de recarga) que potencian el uso de un transporte sostenible entre los consumidores.



Figura 2. Eroski y Parking Verde Eroski.

Fuentes de energía renovables

La incorporación de una instalación solar fotovoltaica de 20kW en el parking permite la generación de energía renovable para abastecer parte de la demanda energética del supermercado. Se trata de una instalación que utiliza inmediatamente la producción de energía y que ha sido dimensionado a las necesidades específicas del supermercado, para no generar energía innecesaria que sea perdida.

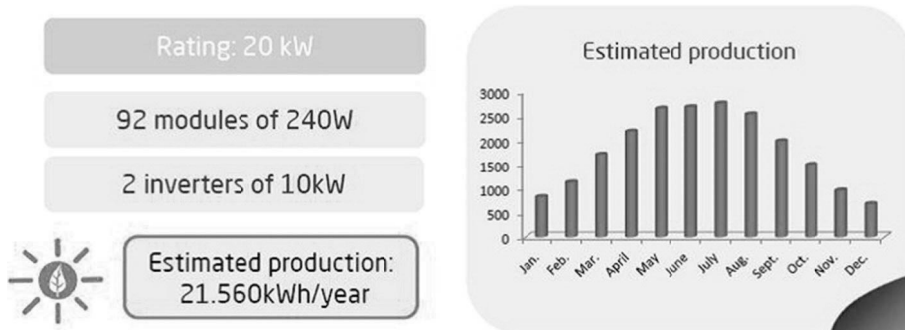


Figura 3. Producción de la energía.

Además es importante destacar la idoneidad de la fotovoltaica en instalaciones de este tipo, porque la curva de la demanda de energía del supermercado se complementa perfectamente con la producción de la fotovoltaica.

La instalación supone un efecto purificador de 875 árboles y una cantidad estimada de 14 toneladas de CO2 equivalente anuales evitadas a la atmósfera.

Se trata de una estructura montada sobre las marquesinas del parking, de tal forma que protege los vehículos del cliente de las malas condiciones meteorológicas mientras que, al mismo tiempo, socializa la instalación solar fotovoltaica como un elemento más de la superficie comercial, como un icono de la compra responsable.

Medidas de reducción del consumo energético

Los equipamientos interiores del EROSKI Center Oñati se han distribuido en tres líneas, siempre con el ahorro en energía como fin principal:

Sistema de frío

La producción de frío para el mobiliario de un supermercado supone el mayor consumo energético en este tipo de establecimientos, llegando a representar hasta un 64% del consumo total del centro. De ahí que se han implantado varias medidas de eficiencia energética y de última tecnología de cara a minibar su consumo. Estas medidas son:

- Central de frío que utiliza CO2 como refrigerante para la instalación de frío negativo (producto congelado) debido a su alta eficiencia energética y por su menor potencial de calentamiento global. De esta forma aprovechamos las propiedades energéticas del CO2 y evitamos el uso de refrigerantes más contaminantes y menos eficientes.
- Colocación de puertas en los murales de frío y de tapas en las islas de congelado con resistencias antivaho (ambas transparentes).
- Ventiladores de alta eficiencia en el mobiliario de frío.

Todas estas medidas permiten un ahorro del 60% del consumo energético para la producción de frío.



Figura 4. Refrigeración de alimentos en Eroski.

Climatización

Aprovechamiento del calor residual de las centrales de frío para el calentamiento del agua y los pasillos del supermercado, mejorando al mismo tiempo el confort térmico del supermercado, permitiendo en la sala de ventas temperaturas nunca antes logradas en otros supermercados convencionales. Esto permite, junto con el perfecto aislamiento, un ahorro de la climatización del 30% (la climatización supone un 18% del consumo total del punto de venta).

- **Roof-Top.** La integración que se realiza de las Roof-top es mediante comunicación BUS así podemos leer y escribir diversos valores de la máquina, como consignas, temperatura de impulsión, retorno, modo verano/invierno, filtros sucios etc. Aparte de la lectura y escritura de valores, también podemos hacer Marcha/Paro a las máquinas tiene la posibilidad de seis franjas de horarios, donde podemos introducir varios encendidos y apagados. Con lo que la gestión se realiza por horario y por temperatura de consigna. También se podrán configurar el funcionamiento de los circuitos en días festivos, festivos laborables y Domingos.
- **Extractores.** Los ventiladores aparte de funcionar por franjas horarias, teniendo la posibilidad de varios encendido y apagados, se puede elegir el intervalo de tiempo de funcionamiento de dichos ventiladores, por ejemplo si ponemos un intervalo de 15 min estará 15min funcionando, 15 min sin funcionar, y así hasta el horario de finalización de la franja. También se podrán configurar el funcionamiento de los circuitos en días festivos, festivos laborables y domingos.
- **Aeroterms.** Los aeroterms están conectados a circuitos de fuerza. Podremos elegir tres franjas de horarios, donde podemos introducir diferentes encendidos y apagados. También se podrán configurar el funcionamiento de los circuitos en días festivos, festivos laborables y Domingos.
- **Enclavamiento clima-recuperación de calor.** El sistema mostrara una alarma, cuando la lado la Roof-top -8modo refrigeración) y el sistema de recuperación de calor está funcionando simultáneamente.

Iluminación

La instalación de tecnología LED de última generación, tanto en el interior como en el exterior así como el sistema automático de control lumínico nos permiten reducir en más de un 50% el consumo energético derivado del alumbrado de la tienda, lo que a su vez supone un 19% del consumo total de la tienda.

El sistema de gestión tiene instalados unos analizadores de redes que nos permiten controlar el consumo del centro, saber que circuitos están consumiendo, cuando y cuanto están consumiendo.

- **Sectorización del alumbrado.** El autómatas posee distintos circuitos de alumbrado y fuerza, para que cada uno de ellos pueda encenderse a diferentes horas y así solo funcionar el tiempo mínimo imprescindible.
- **Arranque escalonado.** Se produce después de un período de interrupción del suministro de energía eléctrica, para asegurarse que los equipos vuelven a entrar en funcionamiento de forma secuencial impidiendo sobrecargas.
- **Programación horaria.** Cualquier equipo o sistema que disponga de telemando puede ser programado individualmente en el tiempo, con varios ciclos de arranques-paradas, por día. Asimismo, es posible asignar a cada telemando un programa horario normal para días laborables, un programa de día festivo y un programa horario especial.
- **Tipos de alumbrado interior.** Se pueden encontrar dos tipos de alumbrado interior, uno que se gestiona de forma analógica "DALI, regulación de luxes" y otro tipo digital "encendido/apagado". El alumbrado de Sala de Ventas se gestiona mediante comunicación Dalí, es decir por flujo de luz, según la aportación de luz exterior que haya, la cual mediremos con una fotocélula analógico, la luminosidad de las luminarias ira aumentando o disminuyendo, además estos circuitos tienen seis franjas de horarios donde podremos introducir diferentes encendidos y apagados y elegir el nivel de luxes para dichas franjas. Los alumbrados digitales son gestionados activando o desactivando los contactores de los circuitos. En este tipo de alumbrado hay dos diferentes, de acentuación y no acentuación. El de acentuación se utiliza en horario apertura público, el de no acentuación aparte de utilizarse en horario apertura público, se puede utilizar en horario de reposición en caso de ser necesario.

Estos circuitos tienen tres franjas de horarios, donde podemos introducir varios encendidos y apagados.

- Alumbrado exterior. Es del tipo digital “encendido/apagado”. Los alumbrados digitales son gestionados activando o desactivando los contactores de los circuitos. Estos circuitos tienen tres franjas de horarios, donde podemos introducir varios encendidos y apagados. Estos circuitos son gestionados por una fotocélula para no encender en el caso que la aportación de luz exterior sea suficiente.

Sistema de monitorización de la eficiencia de las medidas puestas en marcha en la tienda

Esta es la parte más importante del proyecto. Se han incorporado 30 analizadores de redes repartidos por toda la tienda que nos permiten hacer lecturas, en tiempo real, de los consumos por cada una de las instalaciones, de tal forma que, comparados con los consumos del centro espejo (Bergara), obtenemos el ahorro exacto de Oñate. Asimismo, este sistema ofrece una garantía de control de desviaciones puntuales y su inmediata corrección.



Figura 5. Videowall.

Los datos obtenidos se publican en el videowall colocado en la entrada de la tienda, de tal forma que el consumidor puede ver, desde el momento en que accede al supermercado a realizar su compra, cual es la diferencia de este centro con uno convencional y su compromiso con la sostenibilidad mediante un acto de compra responsable y respetuoso con el medioambiente.

Se tiene referencia y lectura individualizada de las siguientes instalaciones:

- Alumbrado de armarios de frío
- Máquina de hielo y antivaho
- Compresor de central positiva
- Compresor de central negativa
- Condensador
- Servicio: ventiladores

- 00107 OÑATI_FRIO_ALUM
- 00107 OÑATI_FRIO_AVMQH
- 00107 OÑATI_FRIO_COMPBT
- 00107 OÑATI_FRIO_COMPNTN
- 00107 OÑATI_FRIO_COND
- 00107 OÑATI_FRIO_SERV

Figura 7. Lectura de las instalaciones.

Toda esta información se centraliza a través de un Sistema de Gestión Energética que nuestros expertos controlan y valoran en continuo y comparan con el centro espejo.

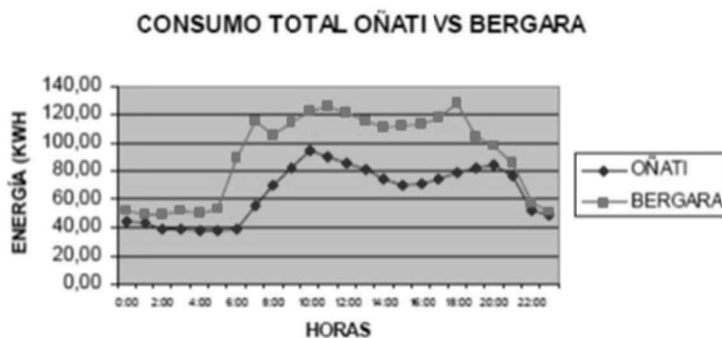


Figura 6. Consumo Eroski Oñati.

Gestión de residuos

Con el fin de alcanzar el objetivo “residuo cero”, se reduce el volumen de residuos que genera la tienda y se impulsa su reciclaje y valorización:

- Mediante la Asociación Española de Banco de Alimentos (FESBAL), se donan a comedores sociales productos descartados de la venta, pero aptos para el consumo.
- Participación en proyectos de compostaje, biometanización o nuevas tecnologías para reutilizar hasta el 100% de los residuos orgánicos.
- Reciclaje del 100% de los residuos no orgánicos, al mismo tiempo que se ofrece la posibilidad a los clientes de reciclar en la tienda pilas, móviles, bombillas o fluorescentes.
- Todos los carros de la compra a disposición de los clientes proceden de material 100% reciclado y las cestas de la compra han sido fabricados con plástico 100% biodegradable.

Tienda-laboratorio de educación medioambiental de EROSKI

EROSKI Center de Oñati es más que un supermercado. Sus singulares características permiten que sus instalaciones sirvan también para que EROSKI pueda llevar a cabo en su interior una intensa labor educativa y de sensibilización medioambiental de cara a la ciudadanía.

Se trata de una tienda-laboratorio donde poder estudiar y conocer más sobre diferentes medidas innovadoras en materia de sostenibilidad. Para ello, en la entrada al nuevo centro, un panel digital da cuenta del valor medioambiental de la tienda. Esta herramienta informativa irá trasladando en tiempo real las mediciones realizadas en cuanto a los ahorros energéticos y su mejora ambiental equivalente en emisiones de CO₂ evitadas y traducidas en árboles salvados.

Como laboratorio educacional referente en sensibilización e información medioambiental, EROSKI Center de Oñati será sede de un proyecto de visitas guiadas. Mediante distintas sesiones formativas al mes, clientes, proveedores, estudiantes, etc. participarán en un completo plan formativo. Gracias a él, aprenderán un poco más sobre la tienda y su aportación al entorno y conocerán otros aspectos relacionados con la sostenibilidad y el cuidado por el medio ambiente.

Las puertas están abiertas a colegios, instituciones y organizaciones de diferente índole, ofreciendo jornadas formativas a todos los colectivos. A través del Programa formativo de la “Tienda Cero Emisiones” de Oñati se celebrarán jornadas mensuales. En dichas jornadas, se realizará una presentación de la Tienda Cero Emisiones, en la que Factor CO₂, junto con el personal de la tienda, expondrá las principales acciones innovadoras que permita en obtener un ahorro energético y una disminución de los impactos. Tras dicha presentación se dará paso al ciclo formativo programado orientado a una temática concreta en cada una de las sesiones. Las temáticas a tratar en dichas formaciones serán las que se indican a continuación:

- Energías renovables.
- Construcción sostenible, movilidad sostenible (vehículo eléctrico).
- Sistemas de gestión energética (ISO 50001).
- Sostenibilidad del producto: ecodiseño.
- Gestión de residuos.
- Huella de carbono.
- Eficiencia energética.

RESULTADOS

El resultado final ha sido lograr la primera tienda a nivel europeo con un balance neutro en emisiones de CO2 donde, gracias a la incorporación de criterios de construcción sostenible, medidas de eficiencia energética y utilización de energías renovables, se logra un ahorro del 60% del consumo energético con respecto a un centro convencional. Las emisiones derivadas del resto del consumo se compensan mediante la compra de energía verde.

Este nuevo supermercado es reconocido a través la certificación BREEAM-España de construcción sostenible, el primero en el estado, y el primero en Europa en alcanzar la certificación ISO 50001 de gestión energética.

Los resultados de la monitorización y análisis de datos entre marzo y septiembre de 2013 avalan el cumplimiento del objetivo planteado de ahorro del 60%.

Los datos de los consumos son sensiblemente confidenciales.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Todo el trabajo realizado no termina aquí; nuestro compromiso con el medioambiente nos lleva a continuar trabajando en esta línea. El supermercado de Oñate nos servirá de “laboratorio” para la definición del futuro modelo de tienda sostenible de Eroski a extender al resto de la red comercial.

Pero además, continuamos en la investigación de nuevas propuestas de mejora y para ello trabajamos para la futura implantación de un supermercado Cero Consumo. Esto es, una tienda que es capaz de generar toda la energía que requiere para su actividad. Para ello desarrollaremos un sistema de trigeneración basado en la explotación de una energía renovable como es la biomasa unido a un sistema de absorción que nos permita lograr las temperaturas (-35º) necesarios para el funcionamiento del supermercado.

Este proyecto ha sido objeto recientemente de financiación europea dentro de la convocatoria LIFE. Por lo tanto, es ya una realidad que podremos ver en unos años en Eroski.

RECONOCIMIENTOS

Este supermercado ha recibido dos reconocimientos importantes.

Premio Empresa Social, otorgado por la Fundación Empresa Ciudad en el año 2013.

Premio a las 100 mejores ideas del año 2013 por Actualidad Económica.

ESTRATEGIA ENERGÉTICA PARA EECN EN CLIMAS TEMPLADOS

Lluís Grau Molist, Arquitecto

Resumen: Estrategia basada en el uso de la inercia térmica interior para la ejecución de EECN en climas templados donde hay que ocuparse tanto del frío como del calor a lo largo del año con puntas de temperatura extremas. Jerarquización en pasos diversos, economía, adaptación a climas con más calor que frío y a la inversa y a las condiciones socio-económicas de la ubicación (importante cuando se trabaja en la piel del edificio). Gestión con espesores mínimos, compatible con un gran número de energías renovables aún las discontinuas; de gran eficiencia en la transmisión del calor (tanto en sentido positivo en invierno como negativo en verano) y de gran confort y respeto a la salud de los usuarios.

Palabras Claves: Activación, Auto-Regulación, Fluido Calo-Portador, Inercia Térmica, Pulmón Térmico, Radiación

En un contexto físico en el que la edificación debe proporcionar calor en la estación fría y eliminarlo en la estación cálida, es decir, que no hay una estación que provoque un stress térmico determinante y un contexto socioeconómico que impone un alto coste de suelo que obliga a optimizar la relación entre la superficie construida y la superficie útil de los edificios y que mediatiza, a la baja, los costes de construcción nos conduce a proponer que:

El principal criterio constructivo a implementar en la arquitectura sostenible en climas templados es el uso de la inercia térmica para la consecución del confort higrotérmico interior durante todo el año, en el marco de un sistema jerarquizado de un conjunto de criterios de mayor a menor importancia.

De todos los sistemas pasivos de posible implementación se toma como principal, a complementar, el uso de una característica que, en menor o mayor cuantía, siempre aportan los elementos constructivos de un edificio (estructura, cerramientos, divisorias, materiales de acabado, etc.), el mobiliario e incluso los usuarios. Esta característica llamada inercia térmica puede ser definida como la propiedad de los materiales de absorber calor sin aumentar su temperatura superficial y depende de su Capacidad Calorífica, de su Conductividad Térmica, su Densidad y de su Espesor.

Características de los materiales:

1. Alta densidad $\geq 700 \text{ kg/m}^3$
2. Alta capacidad calorífica $\geq 300 \text{ Kcal/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$
3. Conductividad térmica entre $3 \text{ y } 0,6 \text{ Kcal/h m } ^\circ\text{C}$
(Metales excluidos)

Ventajas:

1. Almacenaje
2. Distribución interior del clima
3. Transmisión eficiente del calor (radiación)
4. Facilidad para formar parte de la estructura
5. Resistencia al fuego.
6. Aislante acústico.
7. Facilidad para formar parte de la envolvente
8. Gruesos útiles
Forjados: de 10 a 15 cm
Muros: de 5 a 10 cms
9. Puesta a régimen lenta

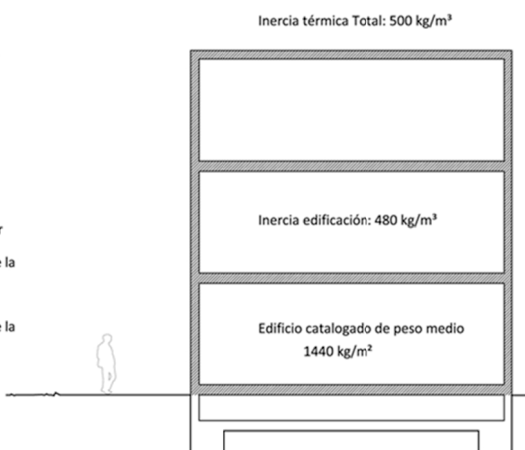


Figura 1. Estrategias: Utilización de la inercia térmica.

Se propone, pues, el aprovechamiento de las cualidades descritas que aportan materiales de construcción de uso común y naturaleza pétreo (piedra, cerámica, hormigón, tierra-cemento, yeso, etc.), en todas sus variantes o derivados, que conforman las partes fijas e inamovibles de la edificación para

que aporten la mayor parte de la inercia que se complementará con la aportada por las partes más cambiantes. Se considera que la inercia térmica correspondiente a una masa interior de 500 Kg/m³ se aproxima al óptimo para que, pueda reducir la potencia de climatización un 40%. Usuarios y mobiliario se considera que aportan unos 20 kg/m³, por tanto, los elementos constructivos deberían aportar unos 480 kg/m³.

Se trataría de convertir a la inercia ubicada en un interior en una especie de “pulmón térmico” capaz de almacenar las ganancias térmicas en invierno y cederlas cuando haga falta ejerciendo de principal sumidero de las ganancias no deseadas en verano.

Los materiales antes citados están caracterizados por su alta Capacidad Calorífica –es decir, por la dificultad que presentan para cambiar de temperatura cuando son expuestos a fuentes de calor- cifrada en un mínimo de 300 kcal / m³ K y por su mediana Conductividad Térmica – es decir, por su dificultad intrínseca de transmitir el calor a través de sí mismos- cifrada entre 3 y 0,60 kcal/h m K.

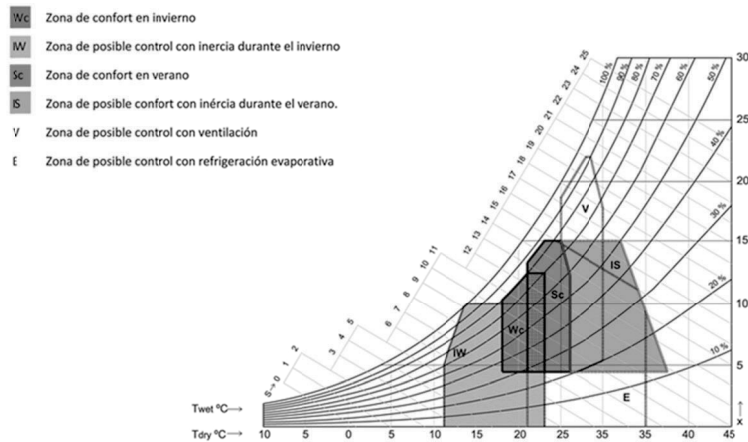


Figura 2. Zonas de confort y corrección en arquitectura.

Los materiales antes citados también se caracterizan por su alta densidad (mínimo 700 kg/m³) de los que se excluyen los metales por su alta conductividad térmica. Su densidad marca la capacidad de amortiguamiento de las temperaturas y su espesor marcará el desfase de onda temporal.

La conjunción de las características descritas convierte a estos materiales en muy estables térmicamente y capaces de mantener unas condiciones térmicas sostenidas en el interior con independencia de las condiciones exteriores.

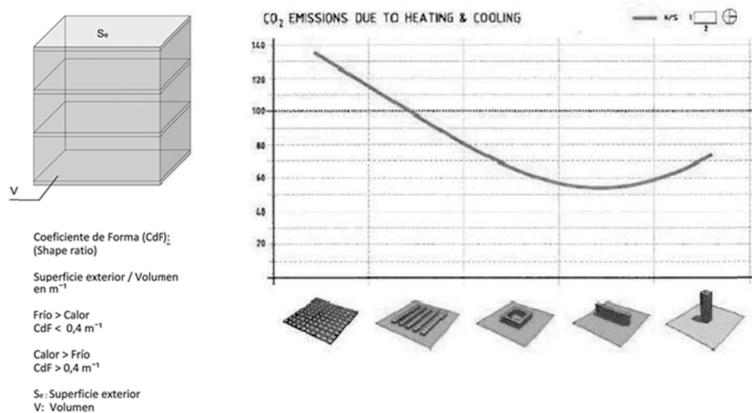


Figura 3. Características exteriores.

Para que la inercia pueda ejercer su función en la forma deseada debe acompañarse de otras acciones en la edificación, de carácter también pasivo y previo a ella. Es el diseño general de la edificación en

función de las condiciones exteriores: orientación, vientos dominantes, etc. En general interesará una edificación de forma alargada con la dimensión mayor orientada a S, dispuesta en diversas plantas y con una buena relación entre la superficie exterior y el volumen interior.

Una parte de la optimización del intercambio térmico entre exterior e interior para conseguir el nivel de confort deseado sería el del control de la relación entre la superficie que encierra un volumen construido (m^2) y el propio volumen (m^3) y que llamamos Coeficiente de Forma (CdF): $Sup / V (m^{-1})$. Este intercambio térmico será menor cuanto menor sea el CdF, es decir, el edificio intercambiará, a igual calidad constructiva respecto de otro edificio con mayor CdF, menos energía. Esto conviene tanto más cuanto más extremos sea el clima (frío o cálido). Para la aplicación del uso de la inercia térmica interior para la climatización se tenderá a usar edificios con bajos CdF ($< 0,4 m^{-1}$) al facilitar el control del comportamiento de los elementos que aportan la inercia térmica interior y resultar, en general, más fácil la captación de ganancias térmicas que su disipación.

Al tratarse de cuerpos sólidos su cesión –o absorción- de calor se efectuará por el sistema de Radiación, es decir, que la transmisión del calor dependerá de las temperaturas de cada uno de los elementos entre los que se establezca y que tenderán a igualarse y de las superficies expuestas de cada uno. El intercambio térmico por radiación se optimiza a medida que se aumentan las superficies expuestas al necesitar unas temperaturas más similares y, por tanto, una menor aportación energética a la superficie radiante.

La relación de superficie de los elementos radiantes y la de la superficie útil variará entre 1 y 3,5 (especialmente importante si debe ponerse énfasis en la refrigeración). La masa térmica deberá distribuirse tan uniformemente como sea posible en el espacio interior y exponerse, tanto como se pueda, a la radiación solar directa y no deben considerarse espesores útiles, a efectos de climatización, superiores a 15 cm.

El segundo paso es conseguir que la inercia trabaje solo con los interiores y conseguiremos lo propuesto con cerramiento ventilado y aislamiento. Es fundamental que tanto en cubiertas como en la parte opaca de las fachadas el aislamiento se coloque por la cara exterior de la hoja pesada del cerramiento para que la inercia de esta trabaje para el interior evitando los puentes térmicos.

El aislante será cualquier material de baja densidad ($< 100 Kg/m^3$), baja capacidad calorífica ($< 35 Kcal/m^3 K$) y muy baja conductividad térmica ($< 0.05 kcal/h m K$) fijado a la hoja interior.

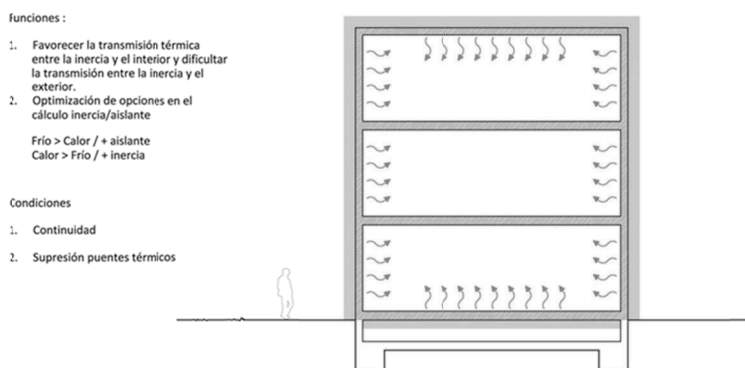


Figura 4. Estrategias de segundo nivel: aislamiento térmico.

El aislante se protegerá exteriormente con un capa también fijada mecánicamente a la hoja interior del cerramiento y conformando una cámara de aire ventilada entre sí mismo y el aislante. Este material deberá resistir a los agentes climáticos más extremos (radiación solar intensa, granizo, viento fuerte, etc.). Debería poderse graduar el nivel de ventilación de la cámara de aire. En la estación fría conviene que el nivel de ventilación de la cámara sea mínimo para inmovilizar, en gran parte, el aire caliente existente en ella y disminuir las pérdidas. En la estación cálida la cámara deberá ventilarse intensamente de forma que se disipe el calor en ella generado. El aislante impedirá que este calor pase al interior. No

respetar la colocación de la cámara de aire significará, con toda probabilidad, que en verano el calor penetrará en el interior con independencia del espesor del aislante.

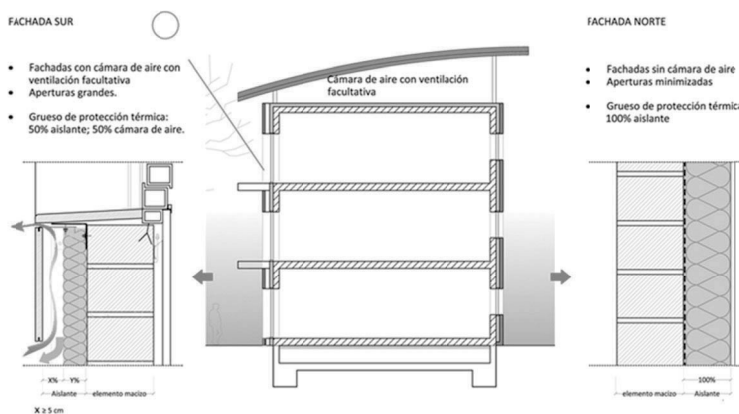


Figura 5. Estrategias de tercer nivel: cerramientos exteriores.

La estrategia general para un funcionamiento ajustado a las necesidades consistirá en añadir a su resistencia característica al cambio de temperatura y su capacidad de almacenamiento la acción de su Activación que, en líneas generales, consistirá hacerle llegar las ganancias energéticas en la estación fría e impedir su llegada en la estación cálida y convertirla, además, en el sumidero por el que se disipen las aportaciones indeseadas. De nuevo se contará para la Activación, en primer lugar, con las ganancias –o pérdidas- pasivas. En latitudes de clima cálido la principal aportación pasiva será la solar que se favorecerá en invierno y se impedirá en verano. Dispositivos sencillos como voladizos fijos de geometría correcta o toldos exteriores escamoteables a discreción u otros dispositivos de directriz horizontal funcionan muy correctamente en orientaciones S / N (según sea en cada hemisferio).

Voladizos volumétricos, toldos u otros dispositivos exteriores de directriz vertical serán buenos reguladores para impedir las aportaciones de la orientación O. La relación entre la superficie de la superficie acristalada orientada a S y la superficie útil variará entre 0 y 0,33 y la relación entre la superficie de la masa térmica y la superficie acristalada orientada a S variará entre 1 y 8 (especialmente importante si debe ponerse énfasis en la calefacción). Un sobredimensionado de esta superficie puede ser nefasto en verano y aún en invierno.

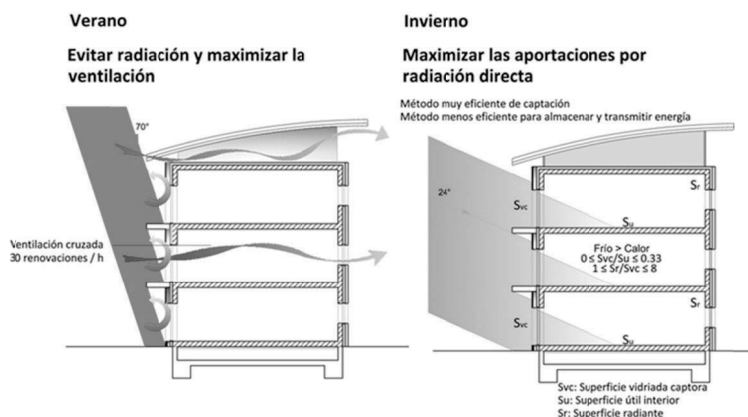


Figura 6. Estrategias de cuarto nivel: activación con sistemas pasivos.

Otros dispositivos pasivos que ayudaran de forma decisiva a optimizar el comportamiento de la inercia térmica interior tienen que ver con la envolvente exterior, fundamentalmente, fachadas y cubiertas. Para ello es fundamental el control de pérdidas en invierno y su promoción en verano. Las fachadas contienen el elemento que más pérdidas produce al interior que son sus huecos, en segundo lugar están las cubiertas y en tercero la parte opaca de las fachadas. Deberán estudiarse los huecos de fachada

(dimensionado, materiales, etc.) en función de su orientación y del uso de los espacios atendiendo a que en orientaciones portadoras de ganancias conviene grandes huecos pero que por la noche pueden ser fuente de pérdidas, mientras que para orientaciones no portadoras los huecos sólo serán fuentes de pérdidas, por tanto, conviene en estas situaciones carpinterías con rotura de puente térmico, vidrios dobles y/o de baja emisión, etc. En fachadas captadoras deberá estudiarse el balance entre la aportación energética y las pérdidas nocturnas (superiores ambas, con vidrio sencillo en comparación con un vidrio doble) según haya que poner el énfasis en la calefacción o la refrigeración.

Las cubiertas al estar muy expuestas tanto a la radiación solar durante el día como a la bóveda celeste por la noche y, por tanto, a temperaturas extremas en ambos sentidos son de difícil uso como elementos climatizadores con sistemas pasivos debiendo entenderse, en tanto que sistemas pasivos, en sentido contrario: deben impedir las aportaciones excesivas de día e impedir las pérdidas excesivas por la noche.

Lo descrito para las cubiertas vale también para la parte opaca de las fachadas, especialmente para las expuestas fuertemente a la radiación solar (orientaciones S y O) aunque puedan disponer, más fácilmente que las cubiertas, de protecciones solares (voladizos, etc.). También es muy importante que la cámara tenga un grosor tal que puedan darse corrientes convectivas de aire en su interior (≥ 3 cm) que disipen el calor generado por la parte superior en verano y poder minimizar este movimiento en invierno para inmovilizar el aire caliente y, en ambos casos, secar la cara interna del cerramiento exterior que debe considerarse mojada cuando llueve.

Las fachadas orientadas a E y N pueden considerarse una variante que, dado que no son orientaciones captadoras de energía y sí generadoras de pérdidas, puede prescindirse en ellas de la cámara de aire pero se debería aumentar el espesor del aislante y colocar una barrera de vapor en su cara interna para evitar condensaciones en el interior de la fachada. La ventilación cruzada por aberturas en fachadas opuestas garantiza, por sí sola, la renovación del aire interior durante el día y la posibilidad de enfriar los elementos interiores durante las noches de verano.

Cuando los sistemas estrictamente pasivos no sean suficientes deberán implantarse los sistemas activos así en los climas cálidos, en general, con muchas horas al año de radiación solar directa pueden usarse captadores solares activos sin vidrio que al no disponer del efecto invernadero que este aporta son menos eficaces pero suficientes. Pueden conformar fácilmente una cubierta metálica y ligera y durante el día no sólo ayudan a la calefacción del interior sino que también calientan el agua sanitaria. Se trataría de conectar estos captadores con los principales elementos que aportan la inercia al interior principalmente forjados y hojas interiores de los cerramientos para su activación.

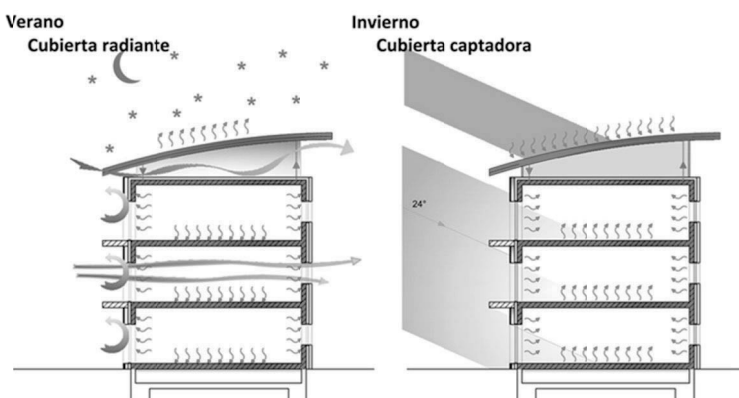


Figura 7. Estrategias de quinto nivel: activación con sistemas activos.

El sistema convierte a los elementos activados en auténticos radiadores (más de un 60% de la transmisión del calor es por este sistema) con una gran superficie de intercambio por lo que es el sistema que trabaja con las temperaturas más cercanas a las de confort. El sistema es auto-regulante, es decir, sólo cede calor en aquellos espacios que lo requieren y es sensible a las aportaciones exteriores al

mismo, por ejemplo a las aportaciones solares pasivas o las propias del espacio interno (alumbrado artificial, electrodomésticos, etc.). Incluso sin necesidad de las aportaciones activas el sistema es un “transportador” de energía de aquellas partes “sobre-alimentadas” (por ejemplo donde llega la radiación solar directa) a las que no tiene ninguna aportación local directa o muchas pérdidas (por ejemplo fachadas no soleadas).

El funcionamiento descrito corresponde al régimen de día (cuando se detecta energía en los captadores) tanto en invierno como en verano aunque en este último solo para el calentamiento del agua sanitaria. En las noches de verano el sistema funcionará como un “sumidero” que extrae energía del interior a base de enfriar los elementos que le aportan la inercia y cederla a la bóveda celeste. Gran parte de la eficiencia se sistema se basa en el efecto acumulativo del sistema: la estabilidad y continuidad que aporta la gran inercia; su sensibilidad a las aportaciones externas; su capacidad para almacenar estas aportaciones y su forma de cederlas al espacio interior sólo cuando se requiere y con un tipo de onda muy adecuado para el confort personal.

Se complementa la estrategia con una producción energética centralizada que alcanza su máxima eficacia con un control y gestión también centralizada y comunitaria (en caso de edificación plurifamiliar) que apenas deberá complementarse con aportaciones energéticas de origen no-renovable y, indistintamente, de gestión particular o comunitaria.

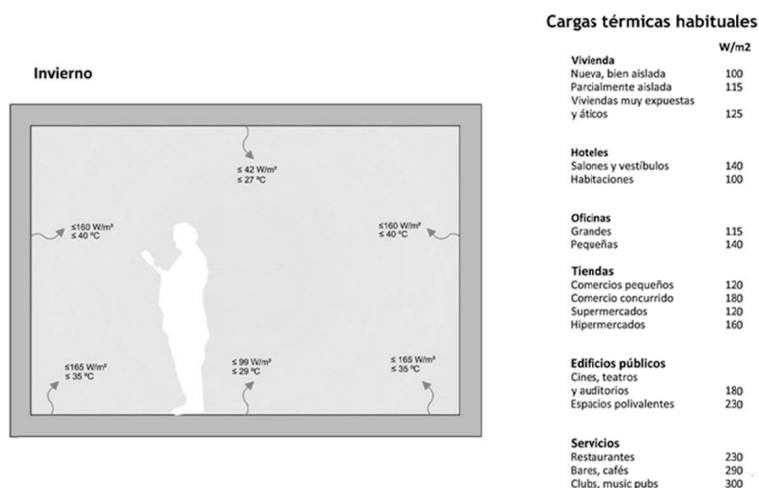


Figura 8. Potencias disponibles; temperaturas superficiales máximas.

Se propone, pues, el uso de la inercia térmica de los principales elementos conformadores de la arquitectura como estrategia general para la climatización interior en zonas planetarias de clima complejo por el cúmulo de eficiencias que comporta; su adaptabilidad a fuentes diversas de suministro energético de origen renovable; no comporta sobre-costes de construcción; es capaz de adaptarse a las condiciones socio-económicas que impone el coste del suelo y es nominalmente suficiente para la asunción del confort requerido en todo el ciclo anual de forma equilibrada y saludable.

BIBLIOGRAFÍA

Geohabitat. *Arquitectura Solar para Climas Cálidos*. Ed Geohabitat. 2000.

Higueras, Ester. *Urbanismo Bioclimático*. Ed Gustavo Gili. Barcelona 2006.

Roulet, Claude- Alain. *Santé et qualité de l’environnement intérieur dans les bâtiments*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Lausanne 2008.

Serra, Rafael and Coch, Elena. *Arquitectura y Energía Natural*. Edicions UPC. Barcelona 1995.

Solanas, Antoni; Calatayud, Daniel and Claret, Coque. 34 kg de CO2. *Departament de Medi Ambient i Habitatge*. Generalitat de Catalunya. Barcelona 2009.

LA GEOTERMIA AIRE-SUELO. TUBOS CANADIENSES. CASO DE ÉXITO EN EL EDIFICIO CERO EMISIONES. ZARAGOZA

Octavio Caballero Villalobos, Project Manager, Zeroaplus
Manuel Sánchez Iturbe, Ingeniero instalaciones, Interventgroup

Resumen: En 2011 se puso en funcionamiento el edificio cero emisiones de Zaragoza. Para conseguir los objetivos energéticos, se actuó en cuatro grandes líneas; Diseño bioclimático para reducir demandas; Eficiencia energética para reducir los consumos; Gestión energética eficaz para racionalizar los consumos; Empleo de energías renovables como compensación de emisiones. Para aumentar la eficiencia de la climatización se utilizó la geotermia aire-suelo, más conocida como tubos canadienses. Se enterró un “peine” de 18 tubos de 50 metros de longitud cada uno, a una profundidad de 6 metros por el que se hace circular el aire del exterior previo a su entrada en la climatizadora. Desde su funcionamiento se ha monitorizado este sistema y el resultado ha sido un completo éxito. Saltos térmicos de hasta 17 grados y grandes ahorros en el sistema de climatización.

Palabras Claves: Aire-suelo, Tubos, Canadienses, Ecodiseño, Edificio Cero Emisiones, Eficiencia Energética, Geotermia

EL PROYECTO

El edificio Centro Municipal para Vivero de Empresas Emisiones Cero, se encuentra en el Parque Equipado de la Milla Digital de Zaragoza. Fue promovido por el Ayuntamiento de Zaragoza con el objetivo de proporcionar un espacio a jóvenes emprendedores para que pudiesen iniciar sus proyectos en campos relacionados con la innovación tecnológica o la eficiencia energética. Desde junio de 2011 está en funcionamiento y en la actualidad alberga 45 proyectos empresariales en los que están trabajando unas 80 personas.

El edificio incluyó dentro de sus objetivos tanto conseguir la máxima certificación energética como que el mismo fuese un edificio Cero Emisiones, es decir, que el saldo neto entre la energía consumida en su funcionamiento y la energía que es capaz de producir a través de fuentes renovables fuese cero.



Figura 1. Vista general.

El edificio es de planta cuadrada y cuenta con una superficie construida total de 2.700 m², distribuidos en planta baja donde se localizan el hall, la recepción y el salón de actos, tres plantas alzadas dedicadas a oficinas (incubación) con zonas comunes (coworking) y una planta semisótano donde se encuentra el

garaje y las zonas de instalaciones. Destaca el patio central interior alrededor del cual están las todas las estancias, así como una doble fachada que envuelve a el edificio.

Para cumplir los objetivos energéticos se actuó en cuatro grandes líneas; Diseño bioclimático para reducir demandas; Eficiencia energética de las instalaciones para reducir los consumos; Gestión energética eficaz para racionalizar los consumos; Empleo de energías renovables como compensación de emisiones.

El edificio combina la arquitectura bioclimática con el uso de la domótica y control en las instalaciones, de tal manera que se consigue proporcionar el adecuado confort para el usuario a la vez que se cumplen los objetivos energéticos del mismo.

Diseño bioclimático

El diseño persiguió la reducción al mínimo de la demanda energética del edificio, para ello, se adoptaron las siguientes medidas en su diseño:

- Volumen cúbico, maximizando volumen de uso con mínima envolvente.
- Huecos en fachada acordes con orientación. Norte pequeños y sur grandes.
- Doble fachada en todo el perímetro del edificio. La fachada sur hace de efecto invernadero, ambas actúan de colchón térmico con el exterior.
- Gran inercia térmica mediante forjados de losa maciza de hormigón armado y fachadas interiores de bloque de termoarcilla.
- Alto nivel de aislamiento térmico favorecido por doble fachada y reforzado por capa de aislamiento colocada por la cara exterior de la fachada interna evitando puentes térmicos.
- Doble acristalamiento en la fachada interior con control solar.
- Patio interior: Este patio, cubierto, unifica el espacio interior del edificio, creando un espacio alrededor del que giran las comunicaciones y al que dan las distintas estancias y oficinas. Ilumina con luz natural el interior del edificio; se cierra en cubierta con una claraboya que cubre toda su superficie; un difusor tamiza la luz y evita deslumbramientos; un sistema de toldos exteriores permite oscurecerlo y reducir la entrada de radiación solar en verano; y crea un efecto invernadero en invierno que es aprovechado para recircular el aire caliente al climatizador a través de una chimenea de cristal.
- El garaje situado en planta semisótano, se cierra con lamas que proporcionan la iluminación y ventilación natural que requiere, lo que evita la instalación de sistemas mecánicos y minimizan de día la iluminación necesaria.



Figura 2. Doble fachada y Vista general del atrio.

Eficiencia energética

Para aumentar la eficiencia se han utilizado diferentes sistemas que aprovechan la energía del entorno o la propia sobrante del edificio para reducir el salto térmico del volumen del aire a tratar y por lo tanto aumentar la eficiencia de la climatización:

- Los tubos canadienses (Geotermia por aire) que explicaremos en detalle más adelante y que consiste en un “peine” de 18 tubos de 50 metros de longitud cada uno, enterrados a una profundidad de 6 metros por el que se hace circular el aire del exterior previo a su entrada en la climatizadora.
- Bomba de calor (Geotermia por agua) que aprovecha la temperatura del agua del freático a través de un intercambiador de placas como circuito primario de la bomba de calor y en verano alimenta una batería de frío de la climatizadora.
- Recuperación de la energía del edificio a través de un recuperador entálpico que enfrenta (sin mezcla) el aire de retorno antes de su expulsión al exterior con el que vamos a introducir cediendo la energía residual de este aire al que entra.
- Enfriamiento adiabático: en verano se pulveriza agua en la salida del aire por la doble fachada sur, el agua cambia de estado a vapor, absorbiendo calor lo que provoca que reduzca la temperatura de la fachada y facilita que la misma se comporte como colchón térmico con el exterior.
- Sistema de difusión por desplazamiento de frío y calor: el aire se impulsa a muy baja velocidad a través de difusores situados en los suelos técnicos a temperatura de confort envolviendo a las personas: aproximadamente 22º en verano y 26º en invierno. Este rango de temperaturas es sensiblemente menor que el que necesita impulsar un sistema de aire tradicional y a la vez mucho más efectivo.

La eficiencia en iluminación se consigue potenciando la iluminación natural a través del patio interior, lamas en zonas de garaje y la utilización en zonas comunes de iluminación con led. En zonas de oficinas se han combinado sensores de control de presencia que activan la iluminación sólo cuando están ocupadas y sensores de intensidad lumínica que adecúan la intensidad de las lámparas a la luz recibida del exterior.

Gestión energética

El edificio se gestiona de forma autónoma. Hay un sistema domótico centralizado que evita la intervención del usuario tanto en el encendido como en la regulación de los sistemas del edificio. Para ello el edificio cuenta con más de 60 sensores térmicos distribuidos por todos los espacios, unos 50 sensores de presencia, otros tantos de control de intensidad lumínica, una decena de sensores diversos de flujo y velocidad de aire. Además hay sensores de lluvia y viento en el exterior. Todo este conjunto de sensores envían información al sistema de gestión que controla el estado de todo el edificio y permite actuar en cada elemento regulando el confort: encendidos, apagados y regulación de iluminación, apertura, regulación y cierres de compuertas para regular el flujo del aire, apertura y cierre del lucernario para favorecer la ventilación natural, despliegue y recogida de toldos para favorecer o evitar la insolación según nos interese, etc.

El sistema recoge una gran cantidad de información que es recibida, procesada y guardada. Los datos en tablas y gráficos se proyectan en un tótem divulgativo para conocimiento de los usuarios del edificio. Toda la información se almacena en archivos históricos que nos están permitiendo estudiar la respuesta del edificio tanto a nivel de confort como a nivel energético. Paralelamente estamos usando estos datos para estudiar el rendimiento real de cada una de las técnicas utilizadas y analizar su retorno económico y su eficiencia energética.

Producción de energías renovables

El edificio incorpora sistemas activos de producción de energía procedente de las fuentes renovables que se encuentran en su entorno: solar fotovoltaica y eólica.

Para la producción de energía fotovoltaica tenemos placas fotovoltaicas convencionales en cubierta y además se han dispuesto paneles integrados en las mismas fachadas que tienen orientación sur capaces de captar la radiación difusa y producir energía con un 70% de rendimiento aunque se encuentren en sombra en algún momento del día.

Para la producción de energía eólica se utilizan tres pequeños aerogeneradores de eje vertical situados en mástiles a la entrada de la parcela. Este tipo de aerogeneradores, por su diseño, son fácilmente integrables en el entorno urbano, funcionan independientemente de la dirección del viento y apenas tienen impacto acústico en funcionamiento. Son los ideales en entorno urbano.

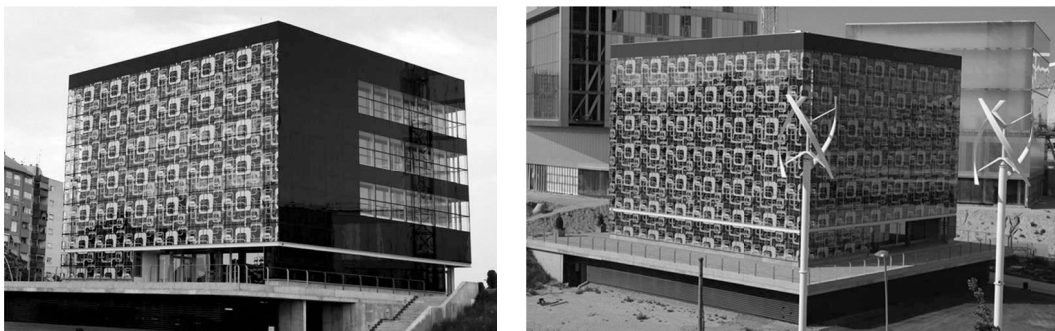


Figura 3. Fachada norte y fachada sur con integración de placas solares.

Tubos canadienses

Como se ha introducido anteriormente, una de las técnicas usadas para aumentar la eficiencia energética son los llamados tubos canadienses. En el siguiente esquema se puede ver una sección del sistema. En la que se aprecia un “peine” de 18 tubos al tresbolillo, colocados a una profundidad de unos 6 metros.

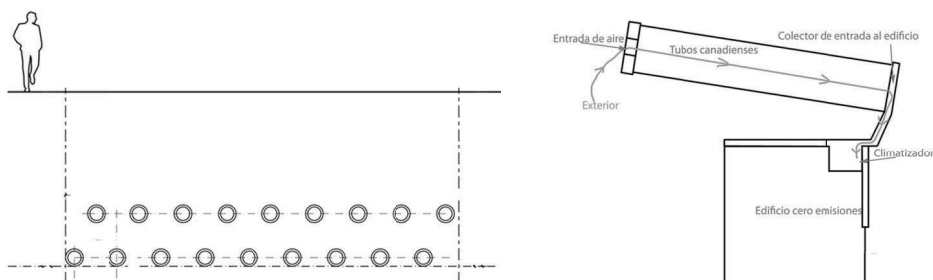


Figura 4. Sección, tubos canadienses y esquema circulación aire tubos-canadienses.

El esquema de funcionamiento general, se resume en la siguiente figura, en la que se puede ver como se “fuerza” a que el aire que entra en el edificio circule por el interior de estos tubos, previa a la entrada de la climatizadora.



Figura 5. Acopio para colocación de tubos-canadienses.

El material utilizado fue material convencional, tubo de hormigón de saneamiento, y dimensionado para aguantar el peso de tierra que tenía por encima de él.

La configuración, número de tubos y disposición de los mismos se estudió previamente, mediante software de simulación.

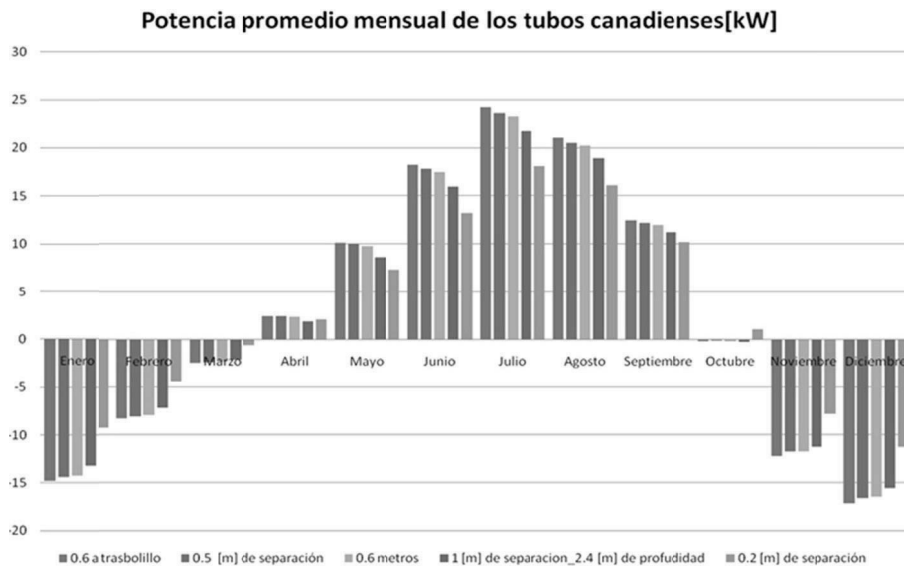


Figura 6. Simulación previa tubos-canadienses.

Se simularon diferentes configuraciones: Con separación entre tubos de 1m, de 0,5 m de 0,6 m. Diferentes profundidades entre 2,4 m y 6 m y configuraciones pareadas y al tresbolillo.

La simulación con mayor rendimiento resultó ser la de tresbolillo a 0,6 m y una profundidad de 6 m.

El edificio ha sido monitorizado activamente durante su funcionamiento desde el año 2011, y los resultados de esta técnica han sido espectaculares. Las simulaciones previas daban un rendimiento hasta un 50% inferior al realmente obtenido.

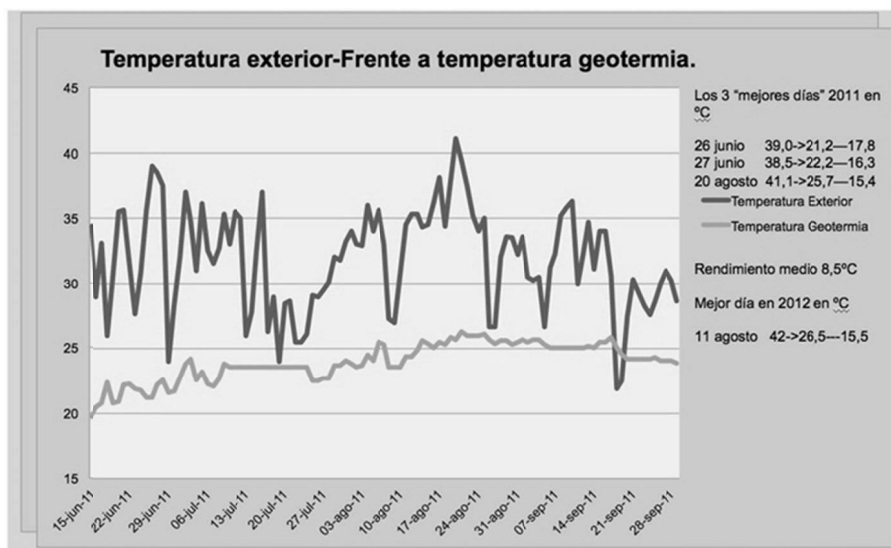


Figura 7. Temperatura exterior. Frente a temperatura geotermia. Verano 2011.

Resultados Finales

Durante la concepción del edificio se hicieron diversas simulaciones energéticas correspondientes al edificio sin mejoras dando como resultado que en un año tipo el consumo estimado del edificio sin optimizaciones era de 121.129 kWh eléctricos. El edificio ya optimizado presenta un consumo de 57.522 kWh eléctricos, gran parte del ahorro energético proviene de la instalación de tubos canadienses. Por otro lado se realizaron simulaciones de cálculo para la producción total estimada de energías renovables: 74.450 kWh para la energía fotovoltaica y 9.547 kWh para la eólica, total 67.069 kWh eléctricos producidos por año.

En consecuencia, según los estudios realizados la incorporación de los sistemas empleados en el edificio producen un ahorro de más del 50% de la energía necesaria para su funcionamiento sobre el edificio que no los incorpore. Además la producción de energía mediante fuentes renovables no solo cubrirá la totalidad de la energía consumida en los servicios generales del edificio (climatización e iluminación, máquinas) sino que producirá un excedente para los consumos de sus usuarios o su venta a la red.

¿CUÁNTA ENERGÍA CONSUME SU EDIFICIO, MR. FOSTER? DEL DBHE 2013 AL EDIFICIO DE ENERGÍA CASI NULA

Pedro Antonio Díaz Guirado, Arquitecto, Universidad Católica de Murcia y Servicios Técnicos del COAMU

Ángel Allepuz Pedreño, Arquitecto, Universidad de Alicante

Resumen: El camino hacia el EECN nos obliga a replantear la construcción y diseño de los edificios. La aplicación del DBHE 2013 es un hito en el camino, un cambio de modelo en las exigencias en los edificios. Esta vuelta de tuerca es solo la primera tras el CTE06. Están previstos nuevos aumentos de exigencias, hacia el H2020. Se plantea un estudio de casos con las herramientas oficiales de verificación energética, donde las variables son: zona climática, orientación, características de la envolvente, compacidad y proporción de huecos. Se analiza la capacidad de ahorro con parámetros independientes (condiciones climáticas y urbanísticas-no modificables por el proyectista) y se buscan los límites actuando desde soluciones constructivas y el diseño.

Palabras Claves: Arquitectura, Código Técnico, DB HE, EECN, Eficiencia, Energía, NZEB

INTRODUCCIÓN

Algunos parámetros que influyen en la eficiencia energética de los edificios han sido descubiertos a lo largo del tiempo y su conocimiento tiene una influencia que se viene manifestando tanto en la arquitectura popular como en la culta; pero es el siglo XIX, con el desarrollo de la termodinámica, como teoría física de rango científico, cuando se hizo posible cuantificar los fenómenos y prever comportamientos. Los conocimientos del arquitecto en la optimización de los recursos naturales son, o debe ser, incorporados a todo proyecto desde su punto de partida. Sin embargo el camino hacia el edificio de energía casi nula nos obliga a replantear de nuevo la construcción y el diseño de nuestros edificios, rumbo a la máxima eficiencia.

La aplicación del nuevo DBHE 2013 conlleva un cambio de modelo en las exigencias de la normativa española aplicada a edificios. Esta vuelta de tuerca es solo la primera en el tránsito desde el CTE06 hacia el H2020, donde la limitación absoluta de la demanda implicará un estudio particularizado de cada edificio. En el procedimiento de análisis de los factores que inciden en el comportamiento energético del edificio podemos discernir entre dos tipos: aquellos cuyas condiciones no son modificables por el proyectista y aquellas que sí lo son. Entre los primeros están los datos climáticos, de soleamiento, de uso o los parámetros urbanísticos y entre los segundos, las distintas soluciones constructivas de la envolvente y de diseño, que no son datos a priori.

OBJETIVOS

- Valorar la capacidad de ahorro energético manejando parámetros independientes de las condiciones climáticas y urbanísticas, no modificables por el proyectista.
- Buscar los límites hasta los que podemos llegar actuando desde las distintas soluciones constructivas, así como sobre orientación y el diseño.
- Evaluar los límites de las herramientas oficiales al objeto de su aplicación como posibles herramientas de diseño.

METODOLOGÍA

Se recurre al estudio de casos, mediante el modelizado y evaluación energética con las herramientas oficiales de verificación del DBHE y calificación energética en España, donde las variables son: zona climática de referencia según normativa, orientación, características térmicas de la envolvente, tamaño de huecos, compacidad y forma.

RESULTADOS

El estudio se organiza en dos bloques: por un lado las exigencias y recomendaciones de la nueva normativa de ahorro energético, DBHE 2013 y por otro los resultados de demanda energética de casos teóricos con las variables citadas.

1- Del análisis de la normativa DBHE 2013

A- Las exigencias actuales

Reflejamos en la figura 1 las demandas límite establecidas en el DBHE para viviendas. La forma del edificio tiene influencia en la demanda de calefacción y así lo recoge la norma, variando la exigencia en función de la compacidad del edificio evaluada a través de la superficie construida en las zonas de invierno más riguroso (C, D y E). La exigencia varía mucho en edificios pequeños de menos de 200 m², pero se estabiliza a partir de ahí. Es fija en zonas α , A y B con demandas previsibles de calefacción bajas.

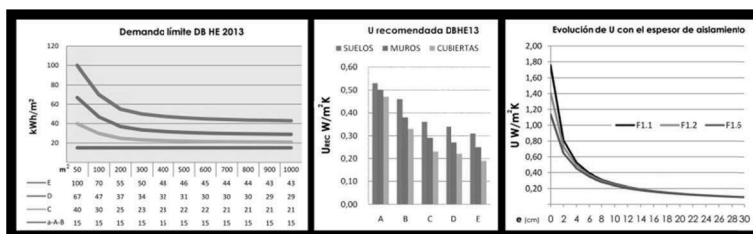


Figura 1. a-Demanda límite calefacción según superficie por zonas climáticas b-U-recomendada (DBHE-13) c- Relación U/espesor aislante para tres tipos de fachada

B-Predimensionado energético

El apéndice E del DBHE contiene una serie de valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente térmica según la zona climática. A partir de estas recomendaciones de transmitancia, y conocida la conductividad de los materiales de aislamiento más frecuentes, podemos plantear un “predimensionado energético” de soluciones constructivas en uso residencial para tener un orden de magnitud de las prestaciones térmicas de los sistemas constructivos a emplear. En las siguientes tablas se representa el espesor de aislamiento térmico calculado para cada zona climática y tipo de aislante empleado, estudiando fachadas, suelos y cubiertas. Se simplifican los datos obtenidos en tres tablas, una por elemento constructivo.

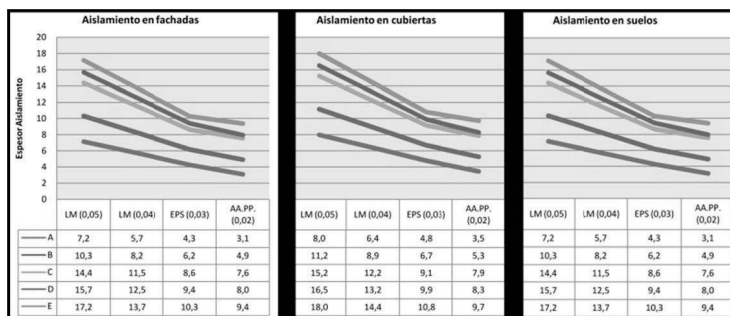


Figura 2. Espesor de aislamiento obtenido para cada tipo de aislante térmico empleado en cada zona climática. LM- Lana Mineral, EPS-Poliestireno extruido, AA.PP-Aislante de altas prestaciones.

Como se puede observar en la figura 1c, para el cálculo de U, la tipología del elemento constructivo es menos representativa cuanto mayor es el espesor de la capa aislamiento, aunque tiene influencia en otros parámetros, como la inercia térmica.

2-Del estudio de Casos: La propuesta arquitectónica



Figura 3. Plano de Roma. Nollí, G. 1748

En el estudio de casos se ha procedido a modelizar los edificios con herramientas informáticas para su posterior análisis con CALENER. Se han planteado una serie de supuestos en los que se mantiene fijos unos parámetros y otros varían, al objeto de observar la influencia que cada uno de ellos tienen en los resultados finales. Se pretende así establecer qué factores son determinantes en la demanda energética. Distinguimos entre variable de compacidad –por alturas y por esponjamiento– y variables de posición –por orientación y disposición de huecos en fachada.

A-Variable forma-compacidad

A.1 Número de plantas 2-4-6-8

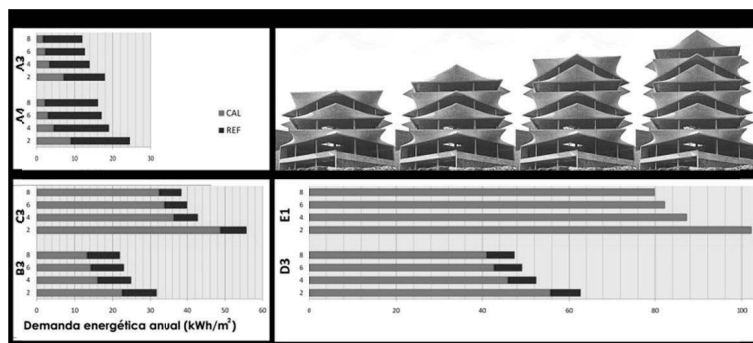


Figura 4. Demanda anual en función del número de plantas, para cada zona climática. Imagen generada a partir de los Laboratorios Jorba, Fisac, M., 1965

Como se observa, el número de plantas no tiene apenas incidencia en la refrigeración. Para la calefacción parece tener una incidencia decreciente según aumenta el número de plantas. Es significativa –del 20%– entre dos y cuatro plantas, para mayor altura se vuelve prácticamente residual.

A.2- Tipología

Se define como variable la tipología en planta y se mantiene invariable el volumen construido, la orientación y la disposición de huecos. Las zonas climáticas seleccionadas son A4, A3, B3, C3, D3 y E1.

En las variaciones de tipología encontramos pocas diferencias para la refrigeración, pues apenas varían en los cálculos anuales; sin embargo, sí hay diferencias más acusadas para la calefacción. En un estudio pormenorizado mensual se aprecia con mayor claridad estas diferencias que resultan favorables a la casa compacta, que nombramos con el autor que la definió (Olgay, 1963).

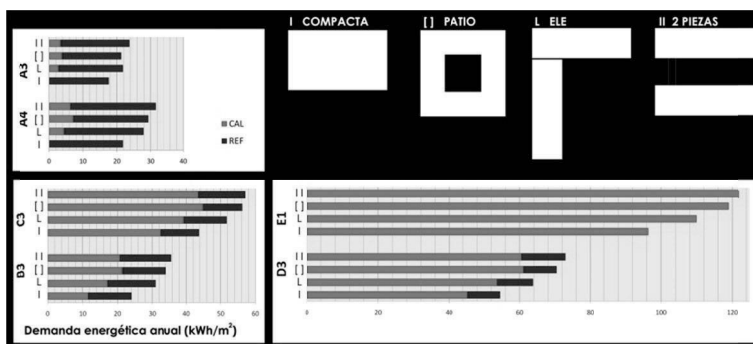


Figura 5. Demandas de calefacción y refrigeración anuales para diferentes tipologías residenciales

Los tipos menos compactos no se benefician en verano de los microclimas generados por el edificio, como por ejemplo los patios, con capacidad de control de soleamiento, humedad y temperatura exterior (Neila, 2004), lo que indica que la herramienta no implementa estos mecanismos bioclimáticos, lo que puede llevar a simplificaciones que perjudican planteamientos que pueden ser buenos a nivel energético en climas templados.

B-La orientación

Variamos la orientación de una pieza manteniendo fijos el resto de parámetros: correspondientes al modelo empleado en el caso A.1. número de plantas. La orientación del bloque Norte-Sur obtiene una demanda un 30% más baja que la Este-Oeste.

C-El tamaño de huecos a sur. Soleamiento y captación



Figura 6. 2-4-6-8-house. Morphosis, 1978

Se evalúa la influencia del tamaño de huecos en la demanda total del edificio: para ello se plantea un modelo con tamaño de huecos fijos en todas sus orientaciones salvo la sur, que varía desde el 80% de huecos hasta una fachada totalmente opaca. Para la evaluación empleamos un vidrio de altas prestaciones térmicas ($U=1,70 \text{ W/m}^2\text{K}$) y factor solar elevado ($g=0,75$), protegido con un vuelo de 80 cm. (fig. 7) Se realizan las simulaciones del modelo para cuatro zonas climáticas, una con invierno extremo, E1 y otras tres con verano tipo 3 y distintos inviernos, desde el suave, B3 hasta el más frío, D3. Los resultados muestran la influencia positiva del soleamiento en la demanda de calefacción pues las ganancias por radiación solar se traducen en una reducción de demanda con **balance neto positivo**, superando las pérdidas por transmisión del hueco.

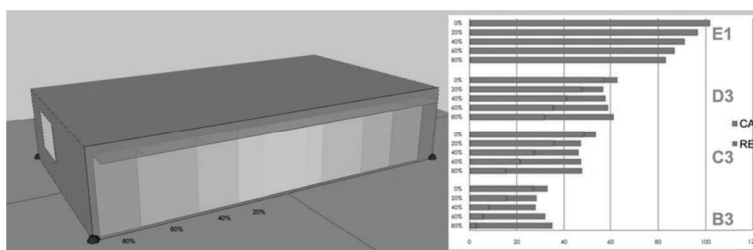


Figura 7. Demanda de refrigeración, calefacción y total en función del tamaño relativo de hueco en fachada sur y calculado para cada zona climática

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

- El DBHE 2013 plantea límites de demanda energética de calefacción que se relajan para edificios de menor superficie y se igualan para superficies mayores.
- Las recomendaciones de la norma llevan a un aumento del espesor de aislamiento de la envolvente. El efecto sobre la transmitancia deja de tener influencia importante a partir de determinados espesores (10 cm).
- La forma del edificio no tiene apenas incidencia en la demanda obtenida de refrigeración. Para la calefacción sí se aprecia influencia, relacionada con el tamaño del edificio. Los edificios pequeños, con mayor relación superficie/volumen, tienen mayor demanda energética. A mayor tamaño el efecto disminuye y las demandas bajan más lentamente.
- Manteniendo el tamaño del edificio y variando la tipología obtenemos menores demandas en invierno en tipos compactos respecto a tipos esponjados. La refrigeración no varía.
- La variación del tamaño de huecos a sur supone un factor de reducción de la demanda de calefacción en todas las zonas climáticas: del 20% en zona E1 y hasta del 90% en B3. Si se limita el exceso de incidencia en verano con protecciones, el ahorro puede ser importante.
- Los factores que dependen de las soluciones constructivas -espesor de aislamiento- por sí mismos y a fecha de hoy, no parecen aportar soluciones nuevas ni definitivas para seguir reduciendo la demanda energética.
- El CTE parece estar planteado fundamentalmente para el frío y muestra menor sensibilidad para edificios situados en climas templados. La evaluación debe ser sensible a planteamientos arquitectónicos para zonas cálidas, como los patios, ya que los resultados no arrojan ningún beneficio en verano: puede llevar a simplificaciones que perjudiquen planteamientos buenos a nivel energético en estos climas.
- Llevados al límite aislamiento y sistemas constructivos, hay que trabajar con factores que dependen del **diseño arquitectónico y del urbanismo** hacia el Edificio de Energía Casi Nula.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Neila, F., 2004, Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible, Ed. Munilla-Lería, Madrid

Olgay, V., 1963 Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism, Princeton Universitypress, Princeton N.J.

Esta comunicación forma parte de los trabajos de investigación para el desarrollo de la tesis doctoral de Pedro Antonio Díaz Guirado, "Energía, entropía, arquitectura" dentro del grupo TECNOS (programa de doctorado del Departamento de Ciencias Politécnicas de la Universidad Católica de Murcia).

REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA MEDIANTE UN USO SOSTENIBLE DEL AGUA. AGUA Y ENERGÍA, UN BINOMIO INDISOLUBLE

Luis Martín, Director, H2O Hidrología Sostenible

Resumen: Existe un consumo energético que no se suele contabilizar, el agua. El 30% del gasto en el ciclo integral del agua corresponde a energía, y este se estima en casi un 16% del gasto energético total en España. Cada etapa tiene un gasto de energía unitario, una Huella Energética del Agua (HEA), expresada en Kwh/m³, que a su vez supone una emisiones de GEI a la atmósfera, que al fin y al cabo es lo que se pretende reducir. Existen multitud de medidas que es necesario evaluar en su conjunto, desde un enfoque integral, usando modelos matemáticos que nos permitan simular el edificio bajo condiciones de funcionamiento y atmosféricas reales.

Palabras Claves: Agua, Cambio climático, Energía, Hidrología Sostenible, Huella energética del agua, Sostenibilidad

INTRODUCCIÓN

La directiva europea 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios marca dos objetivos, uno es la calificación energética de los edificios existentes. El otro, más ambicioso y a más largo plazo, es la aparición de los llamados “Edificios de energía casi nula” para el horizonte de 2019-2020.

Para llegar a un edificio de energía casi nula habrá por un lado que concebirlos para que consuman poca energía (mediante estrategias bioclimáticas y uso de instalaciones de bajo consumo) y por otro incorporar instalaciones de producción de energía, prioritariamente de fuentes renovables. Esto convierte a los edificios y a sus usuarios ya no sólo como consumidores de energía sino también como productores.

Todos estos consumos energéticos de los cuales habitualmente se habla, se producen en los mismos edificios. Esta energía, llega en forma mayoritariamente de electricidad, pero también mediante combustibles fósiles, principalmente para calefacción.

Pero existe un consumo energético que no se suele contabilizar, el agua. El 30% del gasto en el ciclo integral del agua corresponde a energía, y este se estima en casi un 16% del gasto energético total en España.

Cada etapa tiene un gasto de energía unitario, una Huella Energética del Agua (HEA), expresada en Kwh/m³, que a su vez supone una emisiones de GEI a la atmósfera, que al fin y al cabo es lo que se pretende reducir.

Existen diversos estudios sobre la importancia de estas relaciones agua-energía en el consumo urbano, y las consecuencias energéticas de una reducción del gasto de agua, que en algunos casos pueden ser muy efectivas. Así lo demuestra un estudio (McMahon et al, 2006) realizado en California, al concluir que en una vivienda la mejor relación coste beneficio (inversión frente a Kwh ahorrados) se obtiene utilizando dispositivos de ahorro de agua domésticos. Es superior a cualquier otro programa de eficiencia como, por ejemplo, la sustitución de bombillas convencionales por otras de bajo consumo. Por ello, sólo análisis integrales permiten evaluar los beneficios de las políticas de ahorro de agua.

Aún no existe un estudio profundo que englobe todas estas relaciones a nivel nacional, en parte por la variabilidad territorial de nuestra climatología, pero en base a los estudios realizados se puede calcular que, si al gasto de tratamiento de las aguas, se le añade la energía del transporte, distribución y drenaje

más los usos finales, la cifra media no se alejará de los 3 kwh/m³. Obviamente, si el agua para el abastecimiento procede de una desaladora, el consumo unitario energético superará esta cifra.

Un reciente trabajo de la Universidad de Almería (Martínez, 2011) estima en municipios con agua desalada un valor máximo 7.74 kwh/m³, (sólo en la etapa fase de abastecimiento y sin incluir los usos finales), prueba de la gran variabilidad espacial de la HEA.

Un edificio de energía casi nula debería tener medidas de uso sostenible del agua, tanto para reducir la demanda de agua como para reducir el agua que llegue a los sistemas de drenaje que requieran tratamiento.

Cada etapa tiene un gasto de energía unitario, una Huella Energética del Agua (HEA), expresada en Kwh/m³.

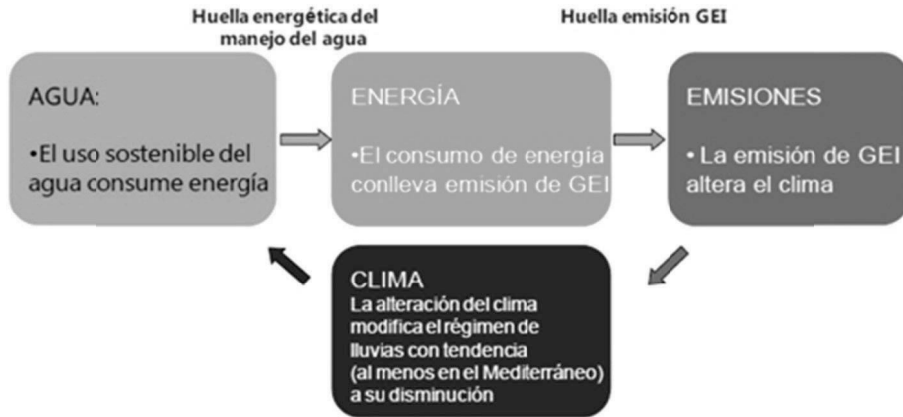


Figura 1. Ciclo Agua - Energía - Clima.

De una parte porque los más de los modelos desarrollados en el marco del trabajo del IPCC prevén para el área mediterránea una reducción de hasta el 30% de los recursos hídricos (Milly y col., 2008), lo que aconseja implantar cuanto antes políticas de ahorro que mejoren la garantía de suministro en esta zona geográfica. Y de otra porque el ahorro de agua es ahorro de energía y, por tanto, minimiza la emisión de GEI.

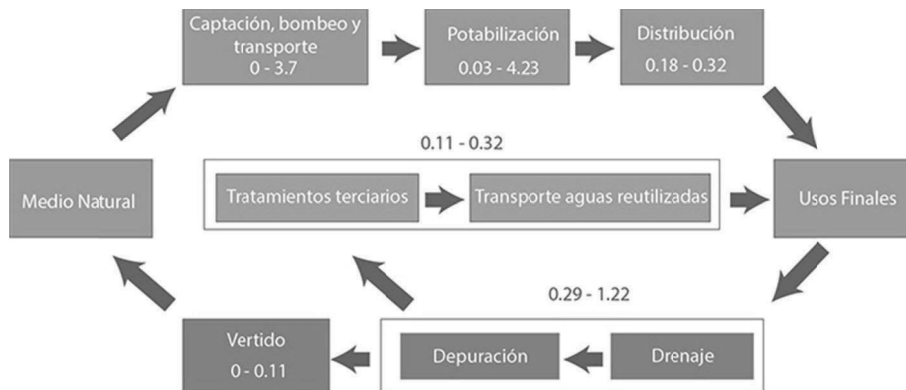


Figura 2. Horquillas de la HEA unitarias en California (CEC, 2005b).

La figura no incluye, por los muchos matices que admite, la horquilla de los usos finales, pese a que el mayor gasto de energía corresponde a esta fase. Por ello, y aunque siempre se ha procurado mejorar los procesos para ahorrar energía (son notables los habidos en los últimos años en desalación), el ahorro inherente a un uso del agua más racional se ha venido ignorando.

Así lo demuestra un estudio (McMahon y col, 2006) al concluir que en una vivienda la mejor relación coste beneficio (inversión frente a Kwh ahorrados) se obtiene utilizando dispositivos de ahorro de agua domésticos. Es superior a cualquier otro programa de eficiencia como, por ejemplo, la sustitución de

bombillas convencionales por otras de bajo consumo. Por ello, sólo análisis integrales permiten evaluar los beneficios de las políticas de ahorro de agua.

El análisis coste beneficio de cada alternativa (aumentar el suministro frente a gestionar la demanda) aún es más favorable si se consideran los ciclos de vida de los materiales que cada solución comporta. De hecho, sobredimensionar las obras supone un gasto de energía adicional, el asociado a toda obra. Por ello comienza a ser habitual que estos estudios incluyan los costes de los ciclos de vida de cada posible solución y sus implicaciones energéticas (Filion y col., 2004).

¿De qué orden de magnitud en el total del consumo energético hablamos? ¿Irá a más este consumo? Con el paso del tiempo el consumo unitario de energía (kwh/m³) seguirá aumentando. De una parte, ya se ha dicho, la conversión del riego tradicional en riego por goteo supone presurizar el agua, y por ello es más necesario gastar energía. En cuanto al uso urbano e industrial, directivas ambientales cada vez más restrictivas exigen mejorar tanto los procesos de potabilización como de depuración (todos muy consuntivos). En cualquier caso, ¿de qué orden de magnitud hablamos?

Si al gasto de tratamiento de las aguas (ver figura 3), se le añade la energía del transporte, distribución y drenaje más los usos finales, la cifra media no se alejará de los 3 kwh/m³. Obviamente, si el agua para el abastecimiento procede de una desaladora, el consumo unitario energético superará esta cifra.

Uso	Gasto de agua	Consumo unitario medio	Energía requerida
Urbano (ciclo completo)	6.300 hm ³ /año	3.00 kwh/m ³	18.900 Gwh
Riego (ciclo completo)	23.800 hm ³ /año	0.25 kwh/m ³	5950 Gwh
TOTAL			24.850 Gwh

Figura 3. Gastos de agua y energía estimados en España.

Y todo sin contabilizar la energía generada con gas natural, que en el caso de California supera el 30% del gasto total el gasto energético. Un reciente trabajo de la Universidad de Almería (Martínez, 2011) estima en municipios con agua desalada un valor máximo 7.74 kwh/m³, (sólo en la etapa fase de abastecimiento y sin incluir los usos finales), prueba de la gran variabilidad espacial de la HEA y de los valores del gasto energético previsible con un sistema de abastecimiento abocado a un mayor uso de agua desalada.

Por todo esto es imprescindible incluir medidas de sostenibilidad en el uso del agua para conseguir un verdadero edificio de consumo casi nulo.

BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera, E. 2011. *El binomio agua-Energía. ¿Un asunto de moda o de interés real?* Fundación ciudadanía y valores.
- CEC (California Energy Comisión), 2005b. *California's Water- Energy Relationship. Final staff report.* CEC 700 – 2005 – 011 SF.
- Martínez, F.J., 2011. *Estudio de la huella energética del abastecimiento urbano de agua de la provincia de Almería.* Universidad de Almería.
- McMahon J.E., Whitehead C.D., Biermayer P., 2006. *Saving water saves energy.* Lawrence Berkeley National Laboratory. Berkeley. California. USA
- Milly P., Betancourt J., Falkenmark M., Hirsch R., Kundzewicz W., Lettenmaier D., Stouffer R., 2008. *Stationarity Is Dead: Whither Water Management?* Science Vol 319 February 2008 pp 573 – 574.

EDIFICIO SEMINARIOS INCUBE DE GRAN CANARIA. SOLUCIONES ARQUITECTÓNICAS DE MÍNIMA DEMANDA ENERGÉTICA

Pedro Nicolás Romera, Socio arquitecto, Romera y Ruiz Arquitectos

Ángela Ruiz Martínez, Arquitecto,

Jorge Hernández Fernández, Colaborador técnico,

Rocío Narbona Flores, Colaborador técnico,

Paula Cabrera Fry, Colaborador técnico,

Laura Jarauta, Analista técnico – Casa Bioclimática,

Josep Ma Riba, Portavoz Jurado Premios Endesa,

Resumen: El edificio INCUBE de Las Palmas de Gran Canaria. Buen ejemplo de mínima demanda energética. Gran Premio de la Edición 2013 de los Premios Endesa a la Promoción Inmobiliaria más Sostenible. Destaca por la inclusión de sistemas de comportamiento pasivo, como son la protección y la inercia térmica, que hacen que el edificio tenga unas demandas de climatización muy bajas. El proyecto es una reacción lógica al entorno, al contexto económico y social, a la climatología y a los condicionantes del promotor. Las monitorizaciones del edificio y las valoraciones de sus usuarios, ratifican la alta calidad sostenible de este proyecto.

Palabras Claves: Luz natural difusa, Interacción exterior-interior, Prefabricación, Ventilación cruzada

INTRODUCCIÓN



Figura 1. Exterior desde la C/ Alférez Provisional.

El Edificio INCUBE responde a una serie de necesidades, como son:

Eficacia

1. Respuesta al entorno y contexto social y económico, reacción lógica a la situación geográfica y climatológica, condicionantes del promotor (plazos reducidos, redacción del proyecto: abril-mayo 2012; ejecución obra: agosto-dic. 2012), geometría de la parcela 43,19x13m; enganche con edificio existente y completar una manzana dentro del recinto Infecar.
2. Modulación de 1,35m óptima para la ejecución acelerada de la obra y conformadora de los espacios de trabajo funcionales.
3. Interrelación exterior-interior: búsqueda de la luz natural difusa confortable para los espacios de trabajo, en una latitud sobre expuesta a radiaciones UV todo el año, ventilación natural cruzada, protección solar pasiva, terrazas como espacio plus a cada espacio de trabajo que configura la fachada habitada, que se auto-proyecta sombra, aporta el valor añadido a cada espacio mínimo, espacio de expansión y relación con otros módulos de trabajo. Fachada ventilada al sur, opaca a poniente.

Construcción responsable (actitud de respeto, moderación, comedimiento, actitud de precisión)

1. Empleo de la prefabricación local que ha respetado la actual crisis, proceso ejecución más preciso, poco desarrollado en Canarias.
2. Tres materiales para resolverlo, con disponibilidad y tecnología local, (hormigón, vidrio y aluminio ext; int. idem más paneles sandwich; acabados exteriores igual al material empleado para su ejecución; interior: vinilo, pintura blanca, etc.
3. Valores funcionales: relaciones adecuadas entre el programa de necesidades y la calidad espacial. Flexibilidad

Calidad arquitectónica

1. Equilibrio, entre los espacios mínimos (m²) de trabajo para emprendedores y el máximo m³ para espacios comunes. Incorporación de relaciones diagonales, acentúan el dinamismo del programa de usos
2. Contraste entre la gravedad del exterior y la levedad del interior. Entre las sombras proyectadas de la envolvente y la luminosidad espacial.
3. Compendio ponderado entre espesor y luz (materialidad y espacialidad dispuestas en armonía y funcionalidad).



Figura 2. Exterior superior desde la urbanización de Infecar.

El proyecto

Soluciones estratégicas basadas en la sostenibilidad.

Pasivas:

- Protección frente al viento: teniendo en cuenta el constante y a veces fuerte viento predominante de N/NE (Alisio) se ha creado una barrera arquitectónica configurando la disposición de los huecos de la fachada de forma que los seminarios quedan protegidos.
- Configuración del edificio: partiendo de la base que posee una gran fachada, se ha propuesto descomponerla creando el complejo de planos seriados que forman la fachada.
- Protección solar: para proteger la edificación frente a la radiación solar se plantean varias soluciones como son:
 1. No generar huecos directamente a la orientación Oeste, excepto el de la caja de escalera.
 2. Voladizos en los dos huecos que se orientan a en la fachada Sur.

3. Inercia térmica: se propone construir el edificio con una elevada inercia térmica que contribuirá al ahorro energético del sistema de climatización.
4. Ventilación híbrida: se propone realizar unas ventilaciones híbridas con el objeto de refrigerar de forma “gratuita”.



Figura 3. Exterior inferior desde la urbanización de Infecar, interior desde la planta baja hasta lucernarios e interior de las zonas comunes, planta segunda.

Cubierta:

La cubierta incorpora un complejo sistema de aprovechamiento energético, mediante la construcción de una cubierta, con paneles térmicos y captación de agua de lluvia. Pre-Instalación de obtención de energía mediante paneles solares térmicos.

Fachadas activas:

El edificio se concibe bajo una idea de interactividad que ha sido fundamental en la concepción del mismo y que estará presente en todos los niveles. Este perfil rehundido de volúmenes rectangulares se modifica en cada distancia de 1,35 m. dando como resultado una imagen arquitectónica potente que encaja perfectamente entre las dos medianeras. Las estancias se han dispuesto de forma que buscan la mejor iluminación y ventilación.

Protección solar:

- La no disposición de ventanas a la orientación oeste, reduciendo considerablemente la incidencia del sol en los acristalamientos.
- Acristalamiento de los huecos con un factor solar bajo.
- Voladizos en los dos huecos de la fachada con orientación sur, con un fondo tal que en los meses de verano se evite la radiación directa y, en cambio, en los meses de invierno la radiación permita calentar el edificio.

Ventilación cruzada:

- Teniendo en cuenta las medias de las temperaturas máximas durante el año se realizan unas ventilaciones cruzadas a través del patio interior lineal y la fachada con el objeto de refrigerar de forma natural el conjunto del edificio durante las noches de los meses de verano y días de siroco.

Materiales:

El edificio se compone de un único cuerpo revestido de paneles prefabricados de hormigón arquitectónico. La edificación se ha proyectado de acuerdo a criterios de tecnología medioambiental, utilización de materiales limpios y optimización de los procesos durante la construcción, mantenimiento y desmontaje. Todos los materiales utilizados son renovables y reciclables:

- Cerramientos de paneles prefabricados de hormigón arquitectónico, aislamiento térmico en cámara de aire y tabique de H.V.
- Vidrio: de bajo coeficiente de transmisión y bajo factor solar, colocado siempre en paramentos verticales y debidamente resguardado del sol evitando la orientación oeste, tanto en la fachada principal como en los interiores.
- Hormigón: se empleará como acabado de determinadas zonas del edificio y servirá como captador de gran inercia térmica.

RESULTADOS

Monitorización y seguimiento de consumos

Desde el punto de vista medioambiental y de la sostenibilidad, el planteamiento ha sido el de la aplicación de los parámetros ecoeficientes pasivos, generados por el propio diseño del edificio: óptima relación entre orientación/uso, ventilación natural, control de las radiaciones solares y pérdidas térmicas mediante medidas de control térmico como revestimientos modulares y registrables, cámara de aire en fachadas, vidrio doble y protección solar, etc. y parámetros ecoeficientes activos como son el de la red de saneamiento separativa y reutilización de aguas mediante circuito interno, uso de energías renovables, o paneles solares térmicos para el suministro de agua caliente sanitaria. El edificio tiene una estructura muy ordenada y de gran claridad funcional. Así, se dará una separación entre circulaciones (público y privado) y una conexión óptima entre las diferentes plantas.

El cálculo del rendimiento y eficiencia energética del edificio se realizará mediante los programas Líder y Calener, a partir de los datos que se contrastarán con los datos de la realidad construida mediante termostatos digitales ubicados en las estancias de los seminarios (obtenidas las temperaturas interiores durante los meses posteriores a la finalización de la obra), y la consiguiente auditoría energética, verificando el alto rendimiento medioambiental total del mismo.

Valoración de Casa Bioclimática

Para valorar las candidaturas a los Premios Endesa a la Promoción más Sostenible, desde un punto de vista técnico, se han tenido en cuenta los 16 criterios que aparecen en el cuadro anexo, inspirados en la Declaración de "Criterios para la edificación medioambiental" de la Asociación Casa Bioclimática. Estos 16 puntos, a su vez, se dividen en varias variables más, hasta formar una matriz de análisis de 72 ítems. Las valoraciones de cada ítem van de -1 (no cumple los mínimos normativos) hasta +3 (máxima puntuación).

Los resultados del diagnóstico previo del Comité Técnico de los Premios para el edificio INCUBE fue el que se refleja en el siguiente cuadro.

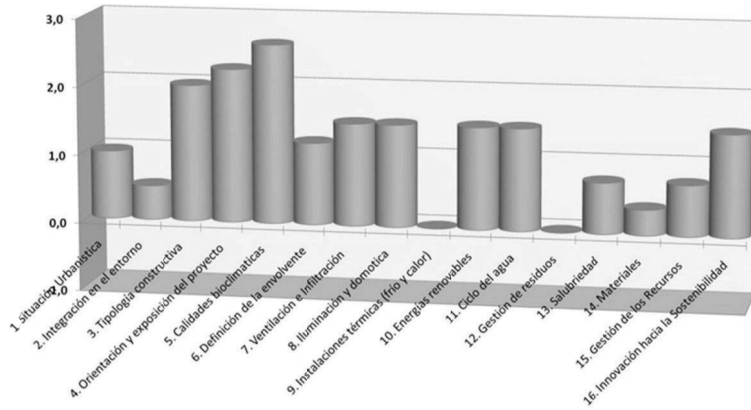


Figura 4. Valoración técnica del Comité Técnico de los Premios Endesa

Este diagnóstico previo señaló que el edificio destaca principalmente por la inclusión de sistemas de comportamiento pasivo, como son la protección y la inercia térmica, que consiguen que el edificio tenga unas demandas de climatización mínimas.

También resaltó la inclusión de lucernarios en la fachada ciega para permitir el máximo aprovechamiento de la luz natural, las protecciones solares por retranqueo en las ventanas de la fachada sur, los huecos directos en la cara oeste, el juego de patios y aperturas. Todo ello facilita el aprovechamiento de la iluminación natural, evitando la radiación solar directa.

Así como, también se valoró especialmente la reutilización del agua de lluvia para los inodoros, que son de doble descarga, y para la limpieza.

El esfuerzo divulgador del promotor y del equipo técnico fue también un factor que tuvo muy en cuenta el Jurado para reconocer a este edificio. Existe, por ejemplo un vídeo realizado por los estudiantes de diseño arquitectónico que destaca la filosofía sostenible del proyecto INCUBE.



Figura 5. Interior hall-distribuidor.

CONCLUSIONES

Este edificio ha sido una reacción lógica al entorno, al contexto económico y social, a la climatología y a los condicionantes del promotor.

Destaca por sus soluciones de modulación en rebanadas de 1,35m, dimensión óptima para la ejecución apresurada de la obra y conformadora de espacios de trabajo funcionales mínimos; por el empleo de la prefabricación y elección mesurada de materiales con disponibilidad y tecnología insular; por la interacción exterior-interior, a través de la búsqueda de la luz natural difusa; de la ventilación cruzada del Alisio; por la disposición a sur de fachada ventilada, a poniente más inercia térmica, sin conductividad; así como por la fachada habitada configurada con terrazas-patios como plus al espacio de trabajo, sensación de expansión y relación con otros módulos.

En definitiva, un buen ejemplo de proyecto sostenible, con mínimo consumo energético y elevado valor ambiental.

ESTUDIO Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN SOBRE LA ENVOLVENTE EN ESTABLECIMIENTOS HOTELEROS PARA UNA MEJORA SIGNIFICATIVA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

José María Labazuy, Director Técnico, EFIESPAI
Albert Lopez, Arquitecto, SOMFY
Alex Peral, Technical Manager, REYNAERS
Miguel Torralba, Gestor de Proyectos, STO Iberica

Resumen: El Grupo de Trabajo “Fachadas inteligentes” del Clúster de Eficiencia Energética de Cataluña, está desarrollando un Estudio siguiendo una metodología de trabajo sistemático para la mejora de la envolvente de los edificios existentes. El Estudio se centra en el análisis de la situación actual de diferentes tipologías de edificios hoteleros y una simulación dinámica para analizar el ahorro energético que suponen las propuestas de intervención. Se considera en el estudio una dimensión estándar de las habitaciones para poder hacerlo comparativo. Las propuestas de intervención se centran sobre la envolvente de la fachada, pero pueden ir acompañadas de otras estrategias energéticas con la adaptación y reducción de los equipos de climatización y ventilación a las nuevas condiciones, al reducirse significativamente la demanda. Aumento significativo de la calificación energética y reducción de emisiones de CO₂, con el cálculo de los valores. Reducción significativa del consumo energético, análisis de costes de la intervención y retornos de la inversión.

Palabras Claves: Eficiencia Energética, Envolvente, Fachadas Inteligentes, Hoteles, Rehabilitación

INTRODUCCIÓN

El presente estudio pretende analizar el ahorro energético que se puede alcanzar con la rehabilitación de la envolvente de las fachadas en un edificio hotelero. Nos deberíamos hacer esta pregunta: ¿Se justifica la inversión para la mejora de la envolvente por el ahorro energético a conseguir? Analizaremos el ahorro energético y económico resultante, así como el retorno de la inversión. Comprobaremos que la decisión de intervenir ha de abarcar además otros aspectos relacionados con: la mejora del confort interior, en algunos casos se identifica el problema por quejas de clientes o en cuestionarios de satisfacción del cliente; la solución de patologías; la necesidad de renovación por envejecimiento o problemas de seguridad por desprendimientos en fachadas o por una estrategia global energética que incluya la reducción de la potencia eléctrica contratada o una reducción de los equipos de climatización.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realiza para un edificio de PB y 5 plantas de habitaciones, con un total de 100 y una superficie aproximada de 27 m². La superficie total del hotel es de 4300 m². Las habitaciones se disponen sobre las dos fachadas principales con orientaciones noroeste y sureste. Se han considerado dos emplazamientos en dos zonas climáticas diferentes, uno en Palma de Mallorca en zona climática B3 y otro en Oviedo con zona climática D1.

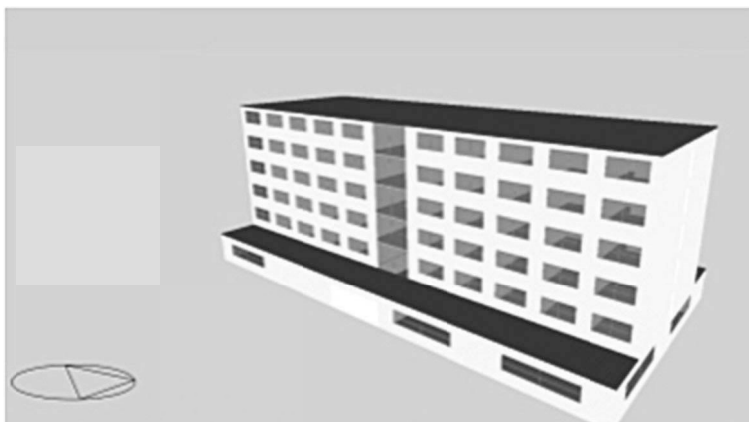


Figura 1. Vista del modelo para simulación.

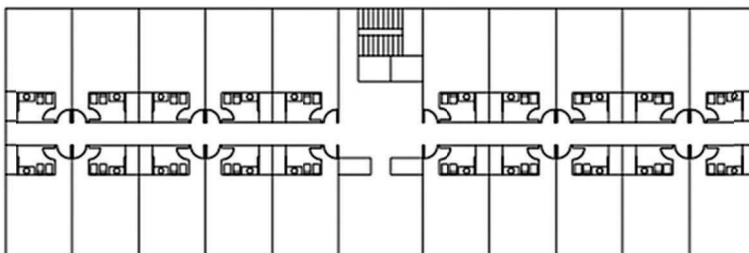


Figura 2. Plano en planta de la planta tipo de habitaciones.

Edificio. Estado actual.

Los cerramientos de fachada se componen de una Pared exterior de fábrica de ladrillo macizo de 14 cm, cámara de aire no ventilada, tabique interior de ladrillo hueco de 4 cm y guarnecido de yeso, con valor de transmisión térmica $U=1,517$

Las aberturas de fachada se componen de carpintería de aluminio sin rotura de puente térmico, con unas dimensiones de 280 x 140 cm, con un valor de transmisión térmica $U=6,67$ W/m²-K, acristalamiento de cámara 6/6/6 con un valor de $U=3,094$ W/m²-K, sin protección solar del hueco.

El resto de cerramientos están formados por: cubierta plana con valor de $U=0,5$ y solera de hormigón en planta baja.

Edificio rehabilitado

Sobre el cerramiento de fachada se aplica un SATE Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior, formado por un aplacado con EPS de 10 cm de espesor y conductividad térmica de 0,04 W/m-K adherido y fijado al soporte; un revestimiento exterior con mortero armado libre de cemento y una capa de acabado con un grueso aproximado total de 5 mm. Con un valor de transmisión térmica total de 0,316 W/m²-K.

La carpintería exterior se sustituye por una con rotura de puente térmico con $U=1,6$ W/m²-K, de altas prestaciones y un acristalamiento 6/12/6 con vidrio bajo emisivo con $U=1,366$. Se considera que la nueva carpintería permite una mejora en la infiltración de los cerramientos de un 40%.

Sobre las aberturas se coloca una protección solar mediante persiana de lamas de aluminio con un control solar de 120 W/m².

Simulación dinámica

Se realiza una simulación dinámica con el programa DESIGN BUILDER con motor de cálculo ENERGY PLUS. Se consideran unos parámetros estándar, utilizando las plantillas de que dispone el programa y se

emplean los ficheros de clima de ambas localidades, Palma de Mallorca y Oviedo, que también incorpora el programa.

- Temperatura de consigna de calefacción: 22º C.
- Temperatura de consigna de refrigeración: 24,5º C.
- Combustibles para calefacción y refrigeración: electricidad.

RESULTADOS

Valores obtenidos

	% AHORRO DEMANDA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN	
	PALMA DE MALLORCA	OVIEDO
MEJORANDO CERRAMIENTOS OPACOS	14,38	23,78
MEJORANDO CARPINTERIA Y VIDRIO	18,02	23,63
MEJORANDO PROTECCIÓN SOLAR	5,47	-
CON TODAS LAS MEJORAS	38,64	48,20

Figura 3. Tabla % ahorro demanda de calefacción y refrigeración.

En el caso de Oviedo se observa como la mejora de la protección solar no produce un ahorro en la demanda. Fundamentalmente debido a que las aberturas están situadas en fachadas con incidencia solar, esto hace que se mejore las ganancias solares por las ventanas, importante en un clima frío, si las ventanas tienen buen aislamiento térmico, y por tanto la protección solar perjudica esta ganancia.

Se ha realizado un estudio substituyendo las ventanas por otras de menores dimensiones, pasando de 280x140 cm a 140x140 cm. En este caso se observa que en Palma se mejora el ahorro en la demanda en un 7% adicional, cosa que no ocurre en el caso de Oviedo que se mantiene o incluso se empeora algo. Parece que en este caso otra vez las ganancias solares por ventanas determina la diferencia. La menor superficie de ventana reduce la ganancia térmica y por tanto se reduce también la necesidad de compensación con refrigeración, importante en el caso de Palma. En cambio en el caso de Oviedo se produce el efecto inverso, esta menor superficie de ventana hace que aumente la necesidad de calefacción en invierno, al reducirse la ganancia.

También debemos resaltar que el correcto diseño de las protecciones solares nos puede permitir evitar ganancias térmicas no deseadas y al mismo tiempo mantener buenos valores de iluminación natural. Esta iluminación natural puede tenerse en cuenta para reducir la iluminación artificial, con el consiguiente ahorro de consumo. Para conseguir este ahorro sin perjudicar los niveles de iluminación necesarios (lux) se requiere de la instalación de sensores de iluminación y grupos de control que desactivan normalmente las luminarias próximas a las ventanas cuando no son necesarias. También mejora la eficiencia energética la instalación de sistemas de automatización de las protecciones solares, sobre todo cuando son protecciones de lamas graduables.

EDIFICIO ESTADO	EMISIONES DE CO2	
	PALMA DE MALLORCA	OVIEDO
INICIAL	693 Tn	682 Tn
CON TODAS LAS MEJORAS	657 Tn	644 Tn
REDUCCIÓN %	5,2%	5,6%

Figura 4. Tabla valores emisiones de CO2.

En nuestro caso no son muy significativas, debido a la utilización de equipos de climatización con consumo eléctrico, (tipo bomba de calor). En el caso de establecimientos que consuman combustibles

fósiles para la generación de energía, la reducción en las emisiones de CO2 se incrementa considerablemente.

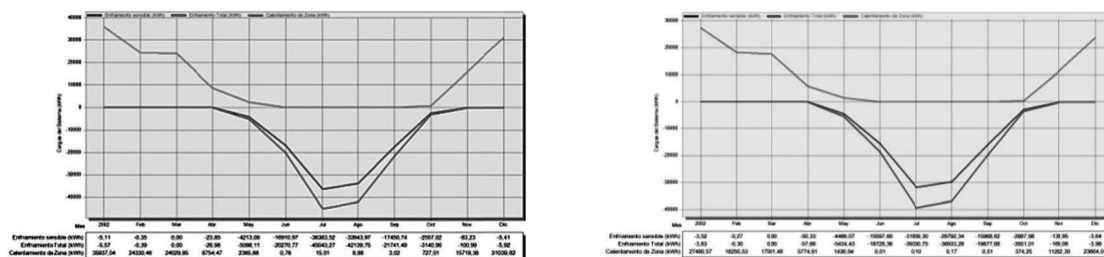


Figura 5. Gráfico cargas del sistema. Hotel en Palma. Estado inicial y rehabilitado.

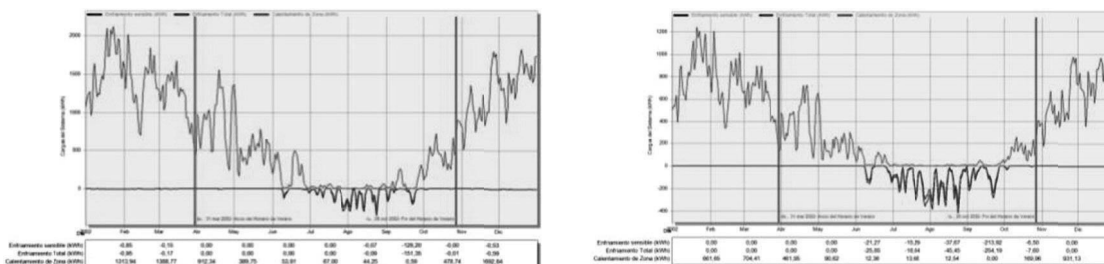


Figura 6. Gráfico picos de demanda. Hotel en Oviedo. Estado inicial y rehabilitado.

Costes implantación mejoras

SISTEMA	MEDICION	COSTE (€)	TOTAL COSTE (€)
SATE	2175 m2	68	147.900
CARPINTERIA Y VIDRIO	100 ud	2000	200.000
PERSIANAS AUTOMATIZADAS	390 m2	125	48.750
TOTALES			396.650

Figura 7. Tabla costes mejoras.

Retorno de la inversión

Para el cálculo se ha tenido en cuenta la demanda térmica para calefacción y refrigeración en hoteles de alta categoría. Los valores han sido extraídos del estudio editado por el IDAE (Evaluación del potencial de energía solar térmica y fotovoltaica derivado del cumplimiento del CTE)(1).

El coste total de la energía eléctrica se ha estimado en 0,15 €/Kwh.

Valores con la implementación de todas las mejoras:

	DEMANDA Kwh/m2	TOTAL DEMANDA Kwh/m2 (4300 M2)	CONSUMO (CoP=2)	COSTE ENERGIA (€)	AHORRO ENERGETICO MEJORAS (%)	AHORRO ECONOMICO (€)	AMORTIZACIÓN MEJORAS (AÑOS)
HOTEL EN PALMA	88	378.400	189.200	28.380	38,64	10.966	36
HOTEL EN OVIEDO	137	589.100	294.550	44.183	48,20	21.296	19

Figura 8. Tabla amortización mejoras.

Valores con la implementación de mejora de la parte opaca del edificio:

	DEMANDA Kwh/m2	TOTAL DEMANDA (4300 M2)	CONSUMO (CoP=2)	COSTE ENERGIA (€)	AHORRO ENERGETICO MEJORAS (%)	AHORRO ECONOMICO (€)	AMORTIZACIÓN MEJORA CERRAMIENTOS (AÑOS)
HOTEL EN PALMA	88	378.400	189.200	28.380	14,38	4.081	36
HOTEL EN OVIEDO	137	589.100	294.550	44.183	23,78	10.507	14

Figura 9. Tabla amortización mejoras cerramiento opaco.

Valores con la implementación de mejora de la carpintería y el acristalamiento:

	DEMANDA Kwh/m2	TOTAL DEMANDA (4300 M2)	CONSUMO (CoP=2)	COSTE ENERGIA (€)	AHORRO ENERGETICO MEJORAS (%)	AHORRO ECONOMICO (€)	AMORTIZACIÓN MEJORA CARPINTERIA Y VIDRIO (AÑOS)
HOTEL EN PALMA	88	378.400	189.200	28.380	18,02	5.114	39
HOTEL EN OVIEDO	137	589.100	294.550	44.183	23,63	10.440	19

Figura 10. Tabla amortización mejoras cerramientos acristalados.

Valores con la implementación de mejora de protecciones solares:

	DEMANDA Kwh/m2	TOTAL DEMANDA (4300 M2)	CONSUMO (CoP=2)	COSTE ENERGIA (€)	AHORRO ENERGETICO MEJORAS (%)	AHORRO ECONOMICO (€)	AMORTIZACIÓN MEJORA PROTECCIÓN SOLAR (AÑOS)
HOTEL EN PALMA	88	378.400	189.200	28.380	5,47	1.552	31
HOTEL EN OVIEDO	137	589.100	294.550	44.183	(*)	-	-

Figura 11. Tabla amortización mejoras protecciones solares (sistema automatizado).

(*) no se mejora

Estos valores son meramente orientativos, dado que siempre hay que hacer un estudio para cada caso, considerando todos los aspectos particulares del establecimiento hotelero en cuestión.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Aunque el ahorro energético de una intervención sobre la envolvente de un edificio hotelero pueda ser significativa, esta no solo debe basarse en un retorno de la inversión aceptable, teniendo en cuenta los ahorros energéticos a conseguir. Se han de valorar toda una serie de aspectos que de manera conjunta, pueden justificar la intervención. Fundamentalmente analizaremos los siguientes aspectos:

- Mejora del confort. En muchos casos existen cerramientos que generan problemas de confort interior por cuestiones de orientación y situación de la fachada. La baja temperatura sobre los paramentos interiores genera este disconfort interior. El aislar adecuadamente este paramento resolverá el problema. La colocación de protecciones solares también mejorará el confort sobre todo en temporada de verano en clima cálido. La mejora de la estanqueidad de las carpinterías también favorece el confort interior, evitando la entrada de aire no deseado, caliente en verano o frío en invierno. También se mejorará de esta manera el aislamiento acústico.
- Patologías sobre los paramentos de fachada. En muchos casos la existencia de puentes térmicos en los cerramientos ocasiona condensaciones que pueden acabar causando daños sobre los revestimientos u otros elementos y problemas de salubridad interior.

- En general también la necesidad de rehabilitación de una fachada por envejecimiento o por problemas de seguridad (desprendimiento de revestimientos o carbonatación de elementos de hormigón armado), hace que paralelamente plantearse la mejora de la eficiencia energética sea muy conveniente.
- La reducción de la demanda de energía, permite un ahorro en el consumo y una reducción de emisiones de CO2. También permite la posibilidad de reducir la potencia contratada de suministro eléctrico, aspecto que está teniendo gran importancia actualmente con el aumento del término de potencia en la tarifa eléctrica.
- La reducción de los picos de potencia necesarios para satisfacer la demanda.
- La mejora de la envolvente, nos permite además de reducir la demanda total, reducir los picos de demanda. Esto lleva consigo que los equipos de climatización trabajen menos horas y a un menor régimen, evitando puntas de trabajo extremo. En consecuencia se aumenta la vida útil de estos equipos y se reducen los trabajos de mantenimiento a realizar, con un no despreciable ahorro económico.
- La sustitución de los equipos de climatización cuando sea necesaria, podrá contemplar la instalación de equipos de menor potencia y por tanto de menor coste.

En definitiva, deberemos iniciar un proceso que nos lleve a la correcta toma de decisiones. Para ello podríamos recalcar que el Grupo de Trabajo “Fachadas inteligentes” del Clúster de Eficiencia Energética de Cataluña ha desarrollado un Protocolo que determina una metodología de trabajo sistemático para la mejora de la envolvente del edificio. El protocolo se establece en cinco pasos con una visión transversal y en función de la tipología del edificio y su magnitud se aplica en mayor o menor profundidad cada uno de estos pasos:

- Análisis de la situación actual. Diagnóstico.
- Monitorización – Simulación.
- Prueba piloto.
- Estrategia energética. Objetivos, estudio y plan de actuación.
- Ejecución y verificación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Evaluación del potencial de energía solar térmica y fotovoltaica derivado del cumplimiento del Código Técnico de Edificación. Estudio Técnico PER 2011-2020. IDAE.

UNPLUGGED. CON UNA DEMANDA LÍMITE COMO OBJETIVO EL SOFTWARE NO SIRVE PARA ANTICIPARSE. MAPAS Y NÚMEROS GORDOS COMO HERRAMIENTAS PREVIAS

Pedro Ramírez Perea, Arquitecto

Resumen: Los sistemas de cálculo tienden a precisar al máximo el resultado incorporando cada vez más detalles. Es lo ideal para acabar proyectos pero, la opacidad intrínseca del software y de los procesos complejos, deja un vacío cada vez mayor en las fases previas, donde se trabaja a ciegas queriendo evaluar parámetros básicos como compacidad y orientación. La fascinación por la realidad virtual, a pesar de las necesarias simplificaciones, hace que los procedimientos simplificados contenidos en la norma ISO 13790 estén condenados a la extinción, pero ¿tiene sentido desperdiciar la experiencia previa? siguen siendo útiles en otras fases como herramienta de predimensionado, a efectos de determinar el orden de magnitud global.

Palabras Claves: Anticipación, Aproximación, Capacidad de Decisión, Criterio, Mapas, Medida y Proporción, Números Gordos, Orden de Magnitud, Predimensionado

NECESIDAD

El cambio al carácter prestacional del actual Documento Básico HE conlleva la necesidad de control cualitativo y cuantitativo desde el inicio del proyecto considerando todos los aspectos implicados, sobre todo los formales aunque sea de modo simplificado. La anticipación es fundamental para poder evaluar las decisiones que afectan a los niveles prestacionales global y transversalmente a la vez que se estudian otras prestaciones, otros objetivos y su coste.

Las herramientas de apoyo deben ser sistemas abiertos que aporten información de ida y vuelta, con las que poder calcular en ambos sentidos, deben permitir la deducción además de la comprobación, y por supuesto la comparación y el análisis.

Cada fase de proyecto necesita la herramienta adecuada y un nivel de precisión acorde que sirva para acotar el margen de corrección correspondiente a la fase posterior. Las herramientas de apoyo son más necesarias cuando más incertidumbre hay, con el papel en blanco, cuando hay que tomar las decisiones fundamentales. Las simulaciones con programas informáticos sirven para confirmar, con la arquitectura definida, si las decisiones previamente adoptadas han sido acertadas o no, estando en el mejor de los casos a tiempo para realizar correcciones razonables.

Si tenemos que construir edificios con consumo de energía casi nulo tendremos que dominar el tema del mismo modo que somos capaces de hacer edificios con colapso estructural casi nulo.

OBJETIVOS

El número gordo

Aproximación inmediata al resultado, a un entorno de valores acotado, desde parámetros formales y en términos de proporción, con la posibilidad de comparar directamente alternativas haciendo tangible de forma global cuánto repercute cada parte en el total y cuánto afecta modificar cada parámetro, permitiendo evaluar una idea o un simple croquis en una servilleta de papel. Mapas frente a navegadores GPS.

Gráficos y tablas frente a software. Sistema abierto frente a proceso lineal y cerrado, posibilidad de invertir el procedimiento y convertirlo en deductivo, en estímulo creativo, al contrario que los

habituales protocolos que buscan el resultado objetivo a partir de una infinidad de parámetros, ofreciendo un resultado preciso pero con un margen de incertidumbre infinito a ambos lados del mismo en relación a lo que puede afectar la modificación de cada uno de los parámetros introducidos al inicio.

PROPUESTAS

Propuesta 1. Los números gordos de la demanda de climatización en viviendas

Números gordos desde el balance estacional, ayuda al diseño, procedimiento deductivo. Mapa de arquitecturas posibles. Aprovechando la simplicidad del balance estacional que tiene un proceso ramificado en su mínima expresión, por parejas, sólo hay que decidir un parámetro para deducir el otro de forma inmediata.

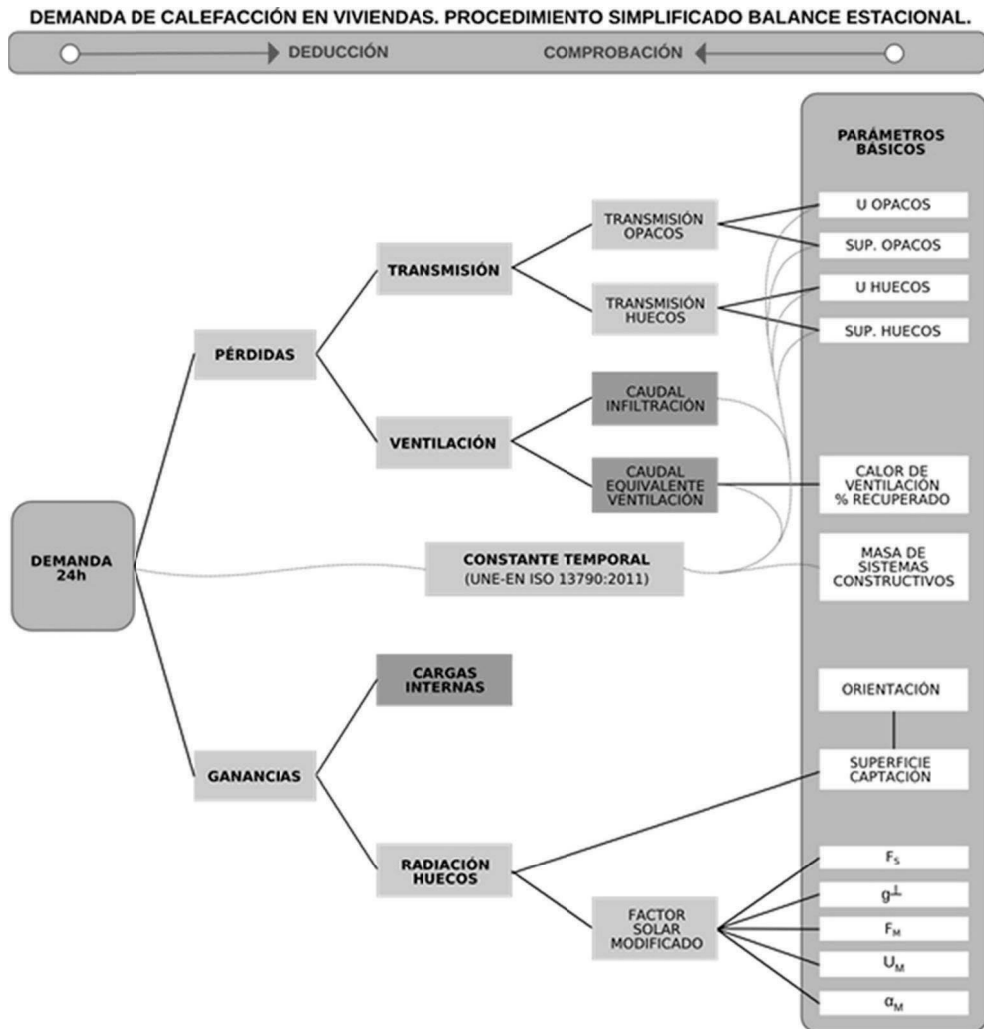


Figura 1. Demanda de calefacción en viviendas.

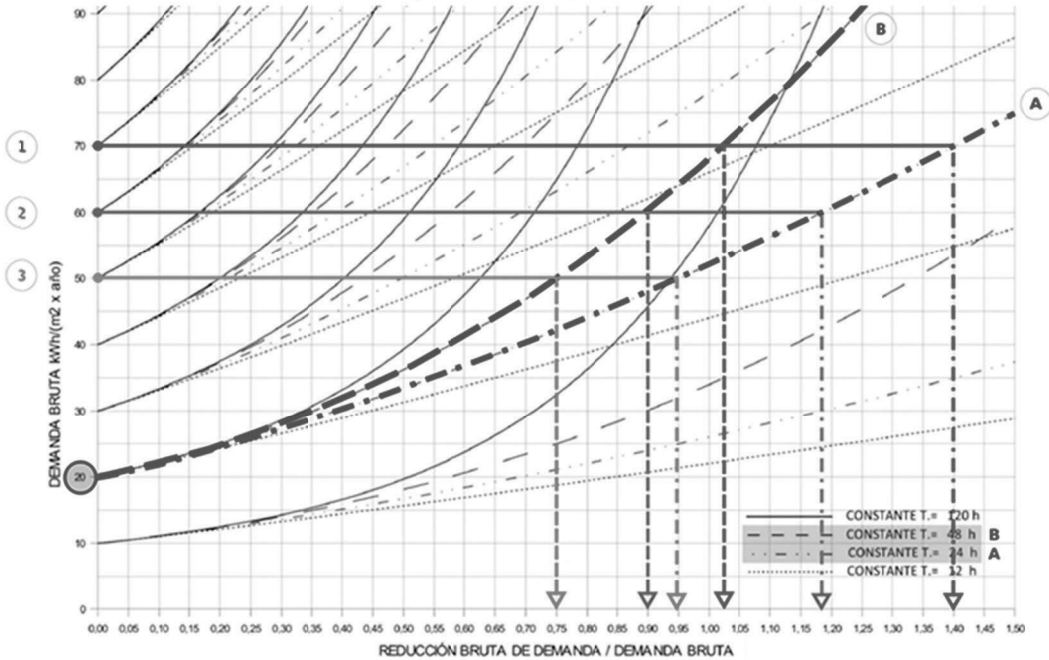
En el primer paso, en modo deductivo, hay que decidir la constante temporal que está afectada por parámetros que probablemente son los que buscamos por lo que puede que haya que repetir el proceso eligiendo otra constante temporal si la masa como único parámetro libre no ofrece soluciones viables, esto puede ser significativo con reducciones de demanda elevadas. Lo razonable es proceder por rangos con cierto margen para acotar la situación.

MAPA DE ARQUITECTURAS POSIBLES

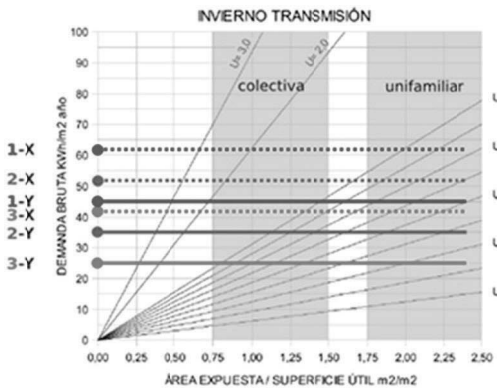
Zona climática B3

DEMANDA LÍMITE DE CALEFACCIÓN= 15 kWh/m²año

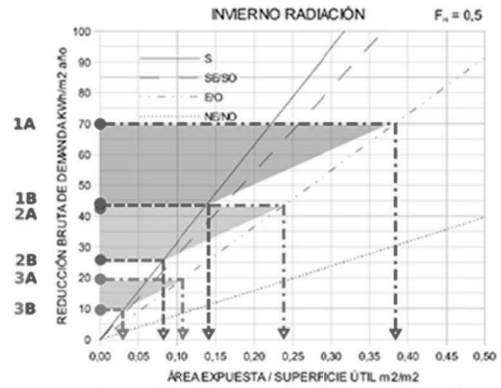
Considerando coeficiente de corrección por diferencias de procedimiento de cálculo: 15/0.75 = 20 kWh/m²año



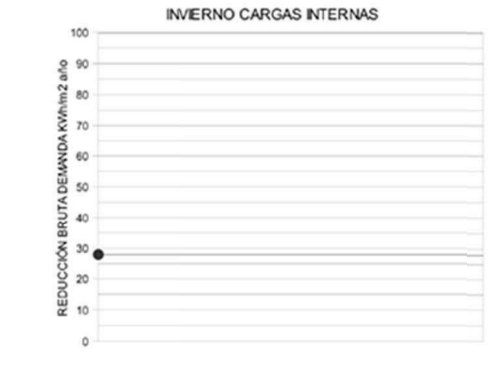
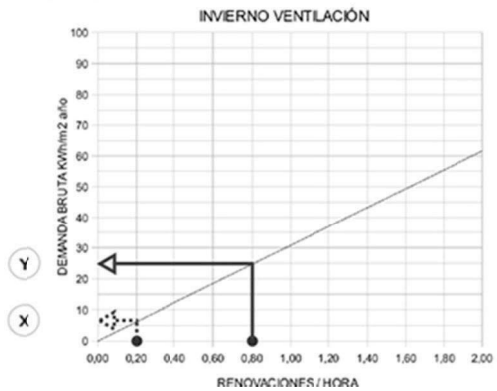
Total reducción bruta de demanda	50x0.75	60x0.90	50x0.95	70x1.02	60x1.18	70x1.40
Total reducción bruta de demanda	37.5	54.0	47.5	71.4	70.8	98.0
Reducción por cargas internas	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
Reducción por radiación necesaria	9.5	26.0	19.5	43.4	42.8	70.0



Coefficiente de transmisión global en función de la ventilación y la superficie expuesta.



Rangos de superficie expuesta en función de F_w, orientación y constante temporal para equilibrio de la situación planteada.



Figuras 2a y 2b. Mapa de Arquitecturas posibles.

Propuesta 2. Mapa de España de la calificación de la eficiencia energética en los edificios de uso residencial

Mapa numérico desde el balance mensual, números gordos por aproximación en catálogo de referencias. Se ofrece un repertorio de situaciones genéricas que sirve de referencia para la gran mayoría del parque residencial. Si pensamos en medidas de mejora, que implican anticipación, comparación y valoración, al intervenir en edificios existentes donde las posibilidades reales de modificación de la forma o la influencia de la orientación son escasas (las más de las veces serán casi nulas) y teniendo en cuenta que para la determinación de la demanda reglamentaria en viviendas son estándar las condiciones climáticas, los perfiles de uso, las exigencias de ventilación, y las transmitancias límite, ¿por qué no conocer previamente sus posibilidades? ¿por qué no disponer de un mapa de referencia donde poder comparar de forma inmediata situando los valores en la escala correspondiente?

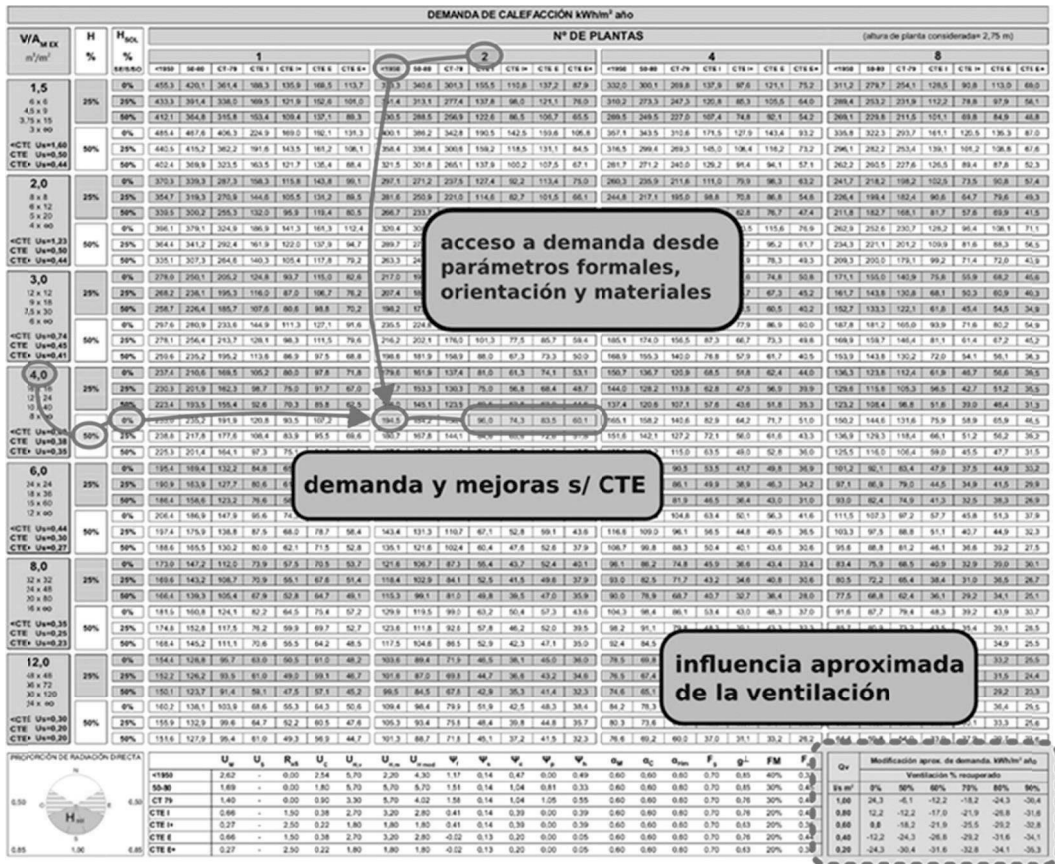


Figura 3. Demanda de calefacción y mejoras CTE.

Los sistemas constructivos seleccionados se han denominado por normativa o períodos en los que su utilización ha sido habitual. El criterio de selección se basa en analizar edificios masivos, edificios con cámaras de aire y edificios con aislamiento térmico en distintas posiciones y espesores. Las transmitancias utilizadas son valores límite o de referencia lo que permite situar en el mapa cualquier otro caso por interpolación. Es interesante observar las diferencias, sin olvidar que en este tipo de cálculos no hay relaciones lineales simples, se puede hacer una estimación aproximada, por comparación, de la repercusión de cada parte del edificio en la demanda global. De este modo no se pierde la simulación del comportamiento dinámico y el efecto del balance mensual de ganancias y pérdidas. La aproximación mejora con la altura y el grosor. Se dan las siguientes situaciones:

- Para una altura fija la variación de grosor indica la variación de la repercusión en planta de los elementos verticales (transmisión más radiación, incluyendo los puentes térmicos) y del suelo (éste último cambia algo la transmitancia). De este modo cuando el grosor tiende a infinito la repercusión de estos tiende a cero, por lo que la demanda tiende a ser constante resultado de la cubierta, las ganancias internas y la ventilación. Si se duplica el grosor la repercusión en planta de los elementos verticales se reduce a la mitad por lo que la diferencia entre las demandas se aproxima a la repercusión de los elementos verticales del más gordo.
- Para un grosor fijo la variación de altura muestra la variación de la repercusión en planta de los elementos horizontales (cubierta y suelo). Por tanto cuando la altura tiende a infinito la repercusión de estos tiende a cero y la demanda tiende a ser constante, resultado de los elementos verticales, las ganancias internas y la ventilación. Si se duplica la altura la repercusión en planta de los elementos horizontales se reduce a la mitad por lo que la diferencia entre las demandas se aproxima a la repercusión de los elementos horizontales del más alto.
- Si grosor y altura tienden a infinito el valor residual se debe a las ganancias internas y a la ventilación.
- Para analizar los cerramientos verticales (incluyendo puentes térmicos), los huecos (incluyendo la radiación difusa) y la radiación directa hay que comparar con los resultados que tienen igual grosor y altura. La repercusión de la radiación directa se deduce directamente comparando contra la solución que no tiene. La repercusión de huecos y opacos se deduce comparando las soluciones que no tienen radiación directa y tienen distinto porcentaje de huecos, la diferencia entre ellos es un 25% de superficie que en un caso es opaco y en el otro hueco, es suficiente una regla de tres.
- Para pasar la repercusión de los elementos verticales de m2 útil a m2 de fachada hay que multiplicar por el grosor. Para pasar la repercusión de los elementos horizontales de m2 útil a m2 neto hay que multiplicar por la altura.

V/A _M Ex m ² /m ²	H %	H _{rel.} %	Nº DE PLANTAS																											
			1						2						4						8									
			CTE s1						CTE s2						CTE s3						CTE s4									
3,0 12 x 12 9 x 18 7,5 x 30 6 x 60	25%	0%	279,0	256,1	205,2	124,8	93,7	115,0	82,6	217,0	197,0	169,3	97,4	72,5	88,1	61,3	186,4	169,2	155,6	83,2	61,6	74,8	50,9	171,1	155,0	143,9	75,8	55,9	66,2	45,6
		25%	268,2	238,1	195,3	116,0	87,0	106,7	76,2	207,4	184,8	159,3	89,3	66,3	80,3	55,3	177,0	167,5	149,6	75,0	56,7	67,3	45,2	161,7	143,8	130,8	66,1	50,3	60,9	40,3
		50%	258,7	228,4	185,7	107,6	80,6	98,8	70,2	199,2	173,4	149,8	81,7	60,6	73,0	49,9	167,0	147,0	131,3	68,3	50,5	60,5	40,2	152,7	133,3	122,1	61,8	49,4	54,5	34,9
	90%	0%	297,6	280,9	233,6	144,9	111,3	127,1	91	203,9	195,6	175,2	101,8	77,9	86,9	60,0	187,8	181,2	165,0	93,9	71,6	80,2	54,9	167,8	161,2	145,0	93,9	71,6	80,2	54,9
		25%	279,1	256,4	213,7	128,1	96,3	111,5	74	185,1	174,0	155,5	87,0	66,7	75,3	49,8	169,9	159,7	148,4	81,1	61,4	67,2	45,2	153,9	143,8	130,2	72,0	54,1	56,1	36,3
		50%	258,6	235,2	195,2	113,6	86,9	97,5	66	165,3	149,0	124,8	71,8	57,9	61,7	41,6	153,9	143,8	130,2	72,0	54,1	56,1	36,3	136,9	123,8	112,4	61,9	46,7	56,6	39,5
4,0 16 x 16 12 x 24 10 x 40 6 x 60	25%	0%	237,4	216,8	169,5	105,2	80,0	97,8	71	194,5	184,2	158,4	96,0	74,3	83,5	60,1	165,1	158,2	146,6	82,9	64,9	71,7	51,0	150,2	144,6	131,6	75,9	58,9	65,9	46,5
		25%	230,3	201,9	162,3	96,7	76,0	97,7	71	190,7	167,8	144,1	84,6	65,6	72,6	51,8	151,6	142,1	127,2	72,1	56,0	61,0	43,3	136,9	129,3	118,4	66,1	51,2	56,2	39,2
		50%	225,3	201,4	164,1	87,3	75,1	84,9	61,3	187,8	172,5	151,0	74,6	57,7	63,2	43,7	138,3	128,2	115,0	63,5	49,0	52,6	35,0	125,5	114,0	106,4	59,0	45,5	47,7	31,5
	90%	0%	195,4	189,4	132,2	84,8	65,0	80,0	59,7	141,4	129,7	104,6	64,1	49,8	59,8	44,4	114,6	103,4	90,5	53,5	41,7	49,5	31,0	101,2	90,1	80,4	47,9	37,5	44,9	33,2
		25%	160,9	163,9	127,7	80,6	61,8	78,0	56,6	137,1	120,3	100,1	60,2	46,6	56,1	41,5	110,3	98,2	86,1	49,9	38,9	46,3	34,2	87,1	80,3	79,0	44,5	34,9	41,5	29,9
		50%	166,4	158,6	123,2	76,6	56,7	72,1	53,6	132,8	115,2	95,8	56,7	43,9	52,5	38,8	106,2	93,2	81,9	48,5	36,4	43,0	31,0	83,0	82,4	74,9	41,0	32,5	38,0	26,9
6,0 24 x 24 18 x 36 15 x 60 12 x 60	25%	0%	206,4	186,9	147,9	95,6	74,3	86,5	64,4	152,2	142,0	119,6	74,5	58,4	66,3	49,1	125,1	118,8	104,8	63,4	50,1	56,3	41,6	111,5	107,3	97,2	57,7	43,8	51,3	37,9
		25%	187,4	175,9	138,8	87,5	68,0	78,7	58,4	143,4	131,3	110,7	67,1	52,8	59,1	43,6	116,6	109,0	96,1	56,5	44,8	49,5	36,5	103,3	97,5	88,8	51,1	40,7	44,9	32,3
		50%	188,6	165,5	130,2	80,0	62,1	71,5	52,8	135,1	121,6	102,4	60,4	47,6	52,6	37,9	108,7	99,8	88,3	50,4	40,1	43,6	32,6	95,8	88,1	81,2	46,1	36,8	39,2	27,5
	90%	0%	206,4	186,9	147,9	95,6	74,3	86,5	64,4	152,2	142,0	119,6	74,5	58,4	66,3	49,1	125,1	118,8	104,8	63,4	50,1	56,3	41,6	111,5	107,3	97,2	57,7	43,8	51,3	37,9
		25%	187,4	175,9	138,8	87,5	68,0	78,7	58,4	143,4	131,3	110,7	67,1	52,8	59,1	43,6	116,6	109,0	96,1	56,5	44,8	49,5	36,5	103,3	97,5	88,8	51,1	40,7	44,9	32,3
		50%	188,6	165,5	130,2	80,0	62,1	71,5	52,8	135,1	121,6	102,4	60,4	47,6	52,6	37,9	108,7	99,8	88,3	50,4	40,1	43,6	32,6	95,8	88,1	81,2	46,1	36,8	39,2	27,5

Figura 4. Ventilación.

CONSIDERACIONES

Balance estacional

El procedimiento utilizado es conservador y funciona mejor en la situación de invierno que en la de verano (en cuanto a la tendencia de los resultados), y mejor en los climas fríos que en los cálidos (en cuanto a la aproximación). En refrigeración la dispersión es más irregular pero relativamente pequeña en valor absoluto. Para la situación de verano la anticipación es menos trascendente porque, a efectos reglamentarios, no hay mucho donde actuar y puede ser casi al final. Para aproximarse al resultado del procedimiento general, en la situación de invierno, el cálculo debe corregirse ya en el balance

estacional no se considera el efecto de intermitencia nocturna que se produce al modificar las temperaturas de consigna.

Balance mensual

Las desviaciones significativas se producen en la franja de grosor $V/AM= 1,5$ con demandas de calefacción claramente superiores a las del procedimiento general en los casos de una planta e inferiores en los casos con cuatro o más plantas y mucha ganancia solar.

CONCLUSIÓN

El espesor de los cerramientos puede variar significativamente en función de las circunstancias de cada caso, no se puede esperar al final para conocer la superficie útil realmente disponible y no se puede realizar una simulación dinámica con cálculo horario sin conocer qué se simula, sobre todo cuando la superficie útil es dato de partida y referente para los resultados al repercutir en planta. Son necesarios sistemas de aproximación que permitan romper el círculo vicioso con anticipación, en las primeras etapas del proyecto, fijando un claro orden de magnitud para cada uno de los aspectos relacionados evitando modificaciones significativas posteriores y el tedioso sistema de prueba y error a base de dar palos de ciego.

BIBLIOGRAFÍA

Código Técnico de la Edificación. Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía. (2013).

UNE-EN ISO 13790:2011 *Eficiencia energética de los edificios. Cálculo del consumo de energía para calefacción y refrigeración de espacios*. ISO 13790:2008. (2011).

Los números gordos de la demanda de climatización en viviendas. Ramírez Perea, Pedro (2013). Descarga libre en: www.ramper-arqui.es

Mapa de España de la calificación de la eficiencia energética en los edificios de uso residencial. Ramírez Perea, Pedro (2013). (En proceso de revisión y actualización).

EL PAPEL DE LA INERCIA TÉRMICA EN LA REFRIGERACIÓN PASIVA DE EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA EN CLIMAS CÁLIDOS: CASO DE ESTUDIO DE UN HOTEL EN TARRAGONA

Oliver Style, Director Técnico, ProGETIC

Resumen: Se presentan los resultados de un estudio de simulación energética dinámica de un Hotel de energía casi nula en Tarragona, Cataluña. Se analizan las prestaciones energéticas del edificio con diferentes soluciones constructivas de cerramientos exteriores, tanto “ligeros” como “pesados”, así como con elementos de alta capacidad térmica colocados en la envolvente térmica. Los resultados tienen importantes implicaciones para el diseño de edificios de energía casi nula en climas cálidos, indicando que la capacidad térmica de los materiales de construcción tiene menos importancia en edificios estancos superaislados que otras estrategias de diseño tal y como las fachadas y cubiertas ventiladas, la protección solar, y la ventilación nocturna.

Palabras Claves: Confort térmico, Inercia térmica, Passivhaus, Refrigeración pasiva, Sobre calentamiento

INTRODUCCIÓN

La Directiva Europea 2010/31/EU de edificios de energía casi nula hace referencia explícita a la inercia térmica como estrategia de diseño que mejora el comportamiento de los edificios en verano y reduce el riesgo de sobre calentamiento, situada en un contexto de perfección y aplicación de medidas de refrigeración pasivas (Parlamento Europeo 2010, pág. 153/16).

Con los cambios en las condiciones climáticas de los últimos años y la subida de las temperaturas medias (Servei Meteorològic de Catalunya, 2012, pág. 1), la inercia térmica parece tener un papel importante en la reducción de temperaturas interiores en edificios de energía casi nula.

En la arquitectura vernácula y actual se da mucha importancia a la inercia térmica como estrategia de diseño pasivo. Se preconiza su capacidad de modular las temperaturas interiores bajo distintas condiciones climáticas y de ocupación. Para el diseño de edificios de energía casi nula en climas cálidos es importante realizar un análisis empírico de la inercia térmica y su contribución a la reducción de las temperaturas interiores.

Las investigaciones de (Sole, 2013, pág. 8) indican que el efecto de la inercia térmica es irrelevante en edificios bien aislados con climatización pasiva. (Schnieders, 2009, pág. 198) recomienda la incorporación de un cierto grado de inercia térmica en edificios bien aislados con refrigeración pasiva en climas cálidos, pero señala que es posible compensar una escasa inercia con un mayor nivel de aislamiento térmico, en combinación con una ventilación natural nocturna y la protección solar exterior.

Este artículo busca contribuir a este debate y ofrece una serie de conclusiones al respecto, analizando los resultados de un estudio de simulación termo-dinámico de un pequeño Hotel en Tarragona. El Hotel se ha diseñado como edificio de energía casi nula siguiendo las pautas de diseño del estándar Passivhaus. El inicio de construcción de la obra está previsto para el mayo del 2014.

LA CAPACIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES

Las propiedades de inercia térmica de un material o cerramiento refieren a su capacidad térmica. En un edificio, estas propiedades se manifiestan en tres etapas térmicas: (1) Carga: el material absorbe calor. (2) Almacenamiento: el material guarda el calor absorbido. (3) Descarga: el material cede el calor almacenado.

Durante el periodo invernal, un material ubicado en los cerramientos interiores del edificio puede almacenar la radiación solar durante el día y cederla durante la noche, aportando una calefacción pasiva. Durante el verano, es capaz de absorber el calor al interior del edificio y cederla en la noche para su expulsión con una ventilación natural nocturna, extrayendo el calor acumulado en los cerramientos para su recarga el día posterior.

Cabe destacar que la inercia térmica es capaz de almacenar energía pero en ningún caso capaz de generarla. La capacidad térmica de un material se distingue de su transmitancia térmica, este último refiriéndose a la tasa de transferencia de calor a través del material o cerramiento (una medida de su grado de protección térmica). La inercia térmica (I) se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$I = \sqrt{\kappa\rho c}$$

Dónde:

- I = inercia térmica ($J/m^2 \cdot s^{1/2} \cdot K$)
- κ = conductividad térmica ($W/m \cdot K$)
- ρ = densidad (kg/m^3)
- c = calor específico ($kJ/kg \cdot K$)

Para que las etapas de carga, almacenamiento y descarga sean eficaces en la refrigeración pasiva, podemos concluir que los materiales con buenas propiedades de inercia térmica tienen una conductividad media ($\lambda = 1$ a 3 $W/m \cdot K$) una densidad alta (≥ 2.000 kg/m^3) y un calor específico alto (≥ 1.000 $J/kg \cdot K$). Las propiedades de densidad y calor específico de un material se expresan en su capacidad térmica volumétrica. Un material con una densidad baja (aislamiento) nunca tendrá buenas propiedades de inercia, independientemente su calor específico.

Se necesita una amplia superficie expuesta y un acoplamiento térmico con el aire interior, junto con un desacoplamiento térmico con el ambiente exterior del edificio. Finalmente, un material con una absorptancia térmica alta (emisividad) será capaz de absorber y ceder mayor cantidad de calor radiante al interior del edificio (Walsh et al, 2006, pág. 4).

Materiales con un alto nivel de inercia térmica pueden estar presentes en la construcción (estructura, forjados, tabiques), en el mobiliario, y en la envolvente térmica. La inercia térmica puede servir para desfasar los picos de temperatura al interior de un edificio según las variaciones en las ganancias internas y externas, mejorando las condiciones de confort y/o (en caso de una climatización asistida) reducir el consumo energético.

La inercia térmica aumenta el factor de utilización de las ganancias gratuitas (solares e internas), debido a su poder de almacenamiento energético. El factor de utilización depende del constante de tiempo del edificio, que viene determinado por su capacidad térmica (inercia), su grado de protección térmica (nivel de aislamiento y estanqueidad) y por la relación entre las ganancias y pérdidas energéticas. En climas cálidos donde existen mayores ganancias solares, el factor de utilización se reduce, debido a un aumento en la relación de ganancias y pérdidas. El constante de tiempo también se reduce ya que se requiere un menor grado de protección térmico debido a mayores niveles de radiación solar (Schnieders, 2009, pág. 178).

EL PROYECTO

El proyecto en cuestión es un pequeño Hotel de cuatro plantas con una superficie útil de 309 m^2 . Diseñado por Èlia Vaqué, Arquitectura Sostenible, se construirá en el Casco Antiguo de Mora d'Ebre, Tarragona. El emplazamiento se ubica a 54 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual de $18,1^\circ C$ y un nivel medio de radiación solar de 1.686 $kWh/m^2 \cdot a$.

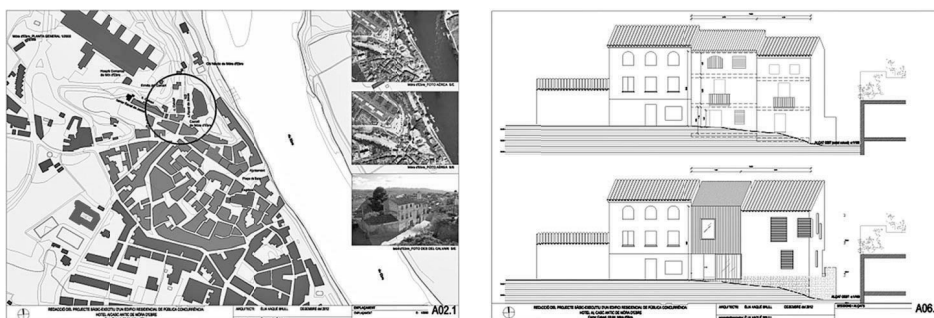


Figura 1. Ubicación del Proyecto y Alzados.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio consiste en el análisis del efecto de la inercia térmica en los cerramientos de la envolvente térmica (paredes exteriores y cubierta) en las Plantas 03 y 04, durante una semana típica en verano. El análisis se realiza con el edificio sin climatización. Se analizan las temperaturas operativas (T_o) en la zona crítica para el sobrecalentamiento, la Planta 04.

Se contrastan los resultados del efecto de la inercia con otras estrategias pasivas: la ventilación nocturna, la protección solar, y las fachadas y cubiertas ventiladas. Se sacan conclusiones acerca del impacto de la inercia en la reducción de temperaturas operativas para edificios bien aislados y estancos en climas cálidos.

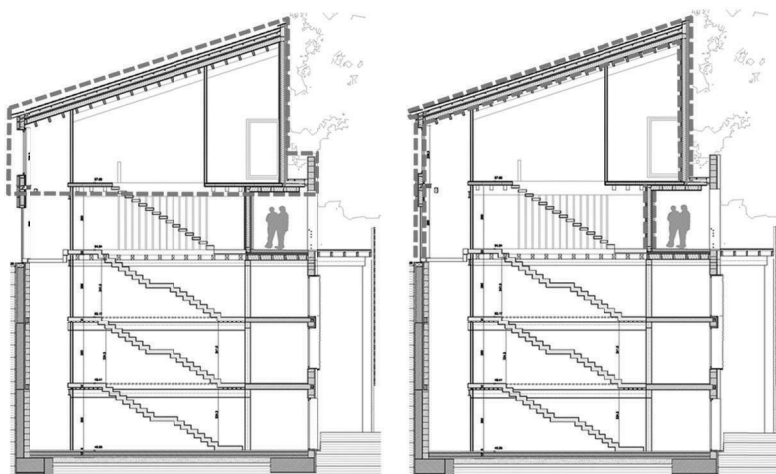


Figura 2. Izquierda: Zona de análisis de temperaturas de confort. Derecha: Ubicación de cerramientos de inercia térmica variada.

Se modelizan tres cerramientos de inercia térmica variada en las Plantas 03 y 04: Caso Ligero; Caso Madera Optimizada; y Caso Pesado. Se ajusta la inercia de la envolvente térmica exterior (muros exteriores y cubierta), con transmitancias térmicas idénticas. Las demás condiciones de contorno se mantienen exactamente iguales en los 3 casos. La composición de los cerramientos y sus propiedades de inercia térmica se muestran en las Figuras.

Materiales [ext > int.]	Espesor (mm)	Conductividad (W/m.K)	Calor específico (J/kg.K)	Densidad (kg/m ³)
Aglomerado	15	0,140	1800	650
Aislamiento lana mineral	180	0,037	830	30
OSB	15	0,130	1700	650
Aislamiento lana mineral	40	0,037	830	30
Cartón yeso	13	0,210	1000	790

Figura 3. Caso Ligero, composición de cerramiento de Pared Exterior, ventilado.

Materiales [ext > int.]	Espesor (mm)	Conductividad (W/m.K)	Calor específico (J/kg.K)	Densidad (kg/m3)
Aislamiento Isorooft	52	0,047	2100	240
Celulosa [10% madera]	160	0,048	2100	35
OSB	15	0,130	1700	650
Aislamiento fibra de madera	60	0,038	2100	55
Cartón yeso	13	0,210	1000	790

Figura 4. Caso Madera Optimizada, composición de cerramiento de Pared Exterior, ventilado.

Materiales [ext > int.]	Espesor (mm)	Conductividad (W/m.K)	Calor específico (J/kg.K)	Densidad (kg/m3)
Aislamiento rock SATE	176,3	0,038	830	110
1 pie LP métrico o catalán	280	0,634	1000	1150
Aislamiento Rockwool	40	0,037	830	30
Cartón yeso	12,50	0,210	1000	790

Figura 5. Caso Pesado, composición de cerramiento de Pared Exterior, ventilado.

Materiales [abajo > arriba]	Espesor (mm)	Conductividad (W/m.K)	Calor específico (J/kg.K)	Densidad (kg/m3)
Cartón yeso	12,50	0,210	1000	790
Aislamiento lana mineral	60	0,037	830	30
OSB	15	0,130	1700	650
Aislamiento lana mineral	192,50	0,037	830	30
Aglomerado	15	0,140	1800	650

Figura 6. Caso Ligero, composición de cerramiento de Cubierta, ventilada.

Materiales [abajo > arriba]	Espesor (mm)	Conductividad (W/m.K)	Calor específico (J/kg.K)	Densidad (kg/m3)
Panel de yeso	15	0,320	1100	1150
Aislamiento fibra de madera	60	0,038	2100	55
OSB	15	0,130	1700	650
Aislamiento fibra de madera	185	0,040	2100	150
Aislamiento Isorooft	35	0,047	2100	240

Figura 7. Caso Madera Optimizada, composición de cerramiento de Cubierta, ventilada.

Materiales [abajo > arriba]	Espesor (mm)	Conductividad (W/m.K)	Calor específico (J/kg.K)	Densidad (kg/m3)
Cartón yeso	12,50	0,210	1000	790
Aislamiento fibra de madera	60	0,038	2100	55
FU entrevigado cerámico	300	0,938	1000	1110
Aislamiento XPS	196,30	0,038	1000	38
Mortero de áridos ligeros	50	0,410	1000	900

Figura 8. Caso Pesado, composición de cerramiento de Cubierta, ventilada.

Para el análisis termo-dinámico se usó el programa DesignBuilder con el motor de simulación EnergyPlus. Para la generación del fichero climático horario, se usó el programa Meteonorm 7.

Las condiciones de contorno de cálculo se muestran a continuación:

- Estanqueidad al paso de aire (renovaciones n50): 0,6/h / Aire de renovación (24h/día): 0,35/h
- Ventilación natural: 1,10/h (calculado con $\Delta T = 1^{\circ}K$ aire interior-exterior y una velocidad del viento = 0 m/s) / Programación: activada cuando temperatura del aire interior $\geq 22^{\circ}C$ y temperatura del aire exterior $\leq 22^{\circ}C$
- Ganancias internas medias: 2,12 W/m²
- Cristales: triples, 4-12-4-12-4, aire, bajo-e / U= 1,16 W/m².K / g = 49 %
- Carpinterías: madera [U = 1,10 W/m².K] / Ψ instalación = 0,04 W/m.K / Ψ espaciador = 0,04 W/m.K / U final equivalente = 1,67 W/m².K

- Protección solar: Persianas apilables exteriores, altamente reflectantes; Cerradas por usuarios/domótica cuando temperatura aire interior $\geq 24^{\circ}\text{C}$; Factor medio de reducción solar: 78%

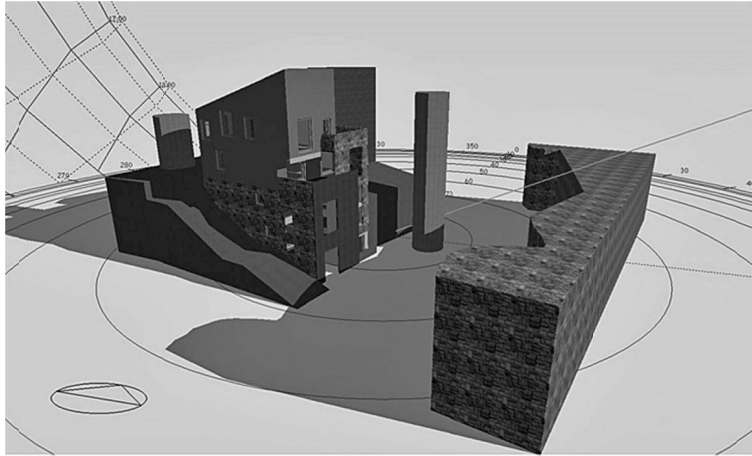


Figura 9. Representación gráfica del modelo de simulación con elementos de sombra.

RESULTADOS

La siguiente figura muestra la evolución de temperaturas durante la semana de análisis en la Planta 04, según los cerramientos con niveles de inercia térmica variada.

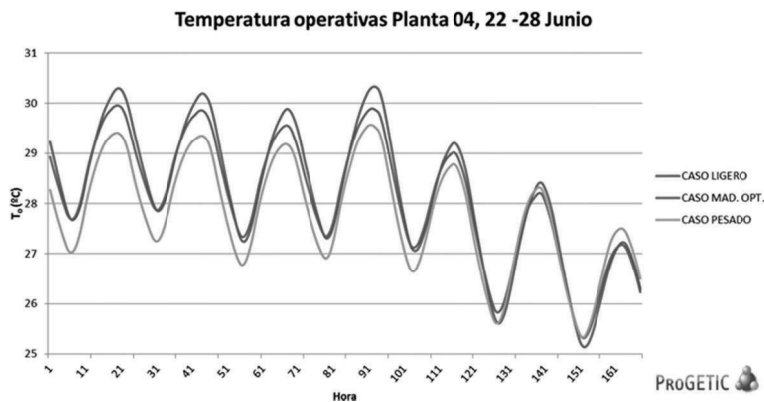


Figura 10. Evolución de temperaturas en la Planta 04 según tipología de cerramiento.

Se puede constatar que la variación de temperaturas es mínima según la tipología de cerramiento y su nivel de inercia térmica. La máxima variación de temperaturas entre el Caso Ligero y el Caso Pesado es de $0,76^{\circ}\text{K}$. La variación de temperaturas entre el Caso Ligero y el Caso Madera Optimizada es irrelevante. En ambos casos las variaciones son despreciables dentro del margen de incertidumbre del método de cálculo.

DISCUSIÓN

Los resultados confirman las conclusiones de (Sole, 2013) y (Schnieders, 2009), de que la inercia térmica tiene un efecto mínimo sobre las temperaturas interiores en edificios bien aislados en climas cálidos sin refrigeración activa. Se confirma la hipótesis de que los aislamientos con un calor específico alto son redundantes en términos de inercia térmica, debido a su desacoplamiento térmico del aire interior y su baja densidad y conductividad.

Para comparar el efecto de la inercia térmica con diferentes estrategias de diseño, se realiza una modelización de las siguientes estrategias de diseño; Ventilación natural nocturna; Protección solar exterior en huecos; y Fachadas y cubiertas ventiladas.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que el efecto de la inercia térmica sobre la reducción de temperaturas es despreciable ($< \Delta 1K$ entre el Caso Ligero y Caso Pesado). Su impacto como estrategia de diseño única para mejorar las condiciones de confort en verano sin refrigeración activa es limitado. Queda evidente que el uso de aislamientos con un calor específico alto dentro de la envolvente térmica no impacta sobre la reducción de temperaturas, debido a su desacoplamiento térmico del aire interior y su baja densidad y conductividad. En la selección de aislamiento prima su impacto ambiental y económico sobre su capacidad térmica (distinto a su transmitancia térmica).

La ventilación natural nocturna, la protección solar y las fachadas y cubiertas ventiladas, tienen un impacto de igual o mayor importancia sobre la reducción de temperaturas que la inercia térmica, porque reducen directamente la entrada de calor por la radiación solar y ayudan a extraer el calor almacenado en el edificio durante la noche.

Podemos concluir que la importancia de la inercia térmica en edificios de energía casi nula en climas cálidos está sobrevalorada. La inercia (al igual que cualquier otra estrategia de diseño) se tiene que integrar en una metodología de diseño holístico, ya que la integración total de las estrategias es más importante que los elementos individuales (Feist et al., 2012, pág. 13).

Es posible prescindir de la inercia como estrategia de diseño de edificios de energía casi nula en climas cálidos, proyectando edificios ligeros. En este caso es importante que la falta de inercia se compense con un mayor nivel de aislamiento térmico, fachadas y cubiertas ventiladas, una protección solar altamente eficaz y una ventilación natural nocturna fiable.

RECONOCIMIENTOS

Mis agradecimientos a Èlia Vaqué y Davide Reggiani por su colaboración en el estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Feist W., Pfluger R., Schnieders J., Kaufmann B., Kah O., Krick B., Ebel W., Bastian Z., 2012, *Passive House Planning Package Version 7*(2012), Requirements for a quality-approved Passive House, Passivhaus Institut, Darmstadt, Alemania.

Parlamento Europeo, 2010, DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición), Bruselas, Bélgica.

Schnieders J., 2009, *Passive Houses in South West Europe, A quantitative investigation of some passive and active space conditioning techniques for highly energy efficient dwelling in the South West European región*, 2nd corrected edition, Jürgen Schnieders 2009, Passivhaus Institut, Darmstadt, Alemania.

Servei Meteorològic de Catalunya, 2012, La sèrie climàtica de Barcelona (1780-2011) Tendència de la temperatura mitjana, Pàgina web, fecha de consulta 13/03/2014, enlace: http://www.meteo.cat/servmet/clima/serie_bcn/P5_Dia_Meteo2012.pdf

Sole J., 2013, *La Inercia Térmica "pasiva" en los edificios*, Dirección Técnica URSA, Barcelona, España.

Walsh R., Kenny P., Brophy V., 2006, *Thermal mass and sustainable building, Improving energy performance and occupant comfort*, Irish Concrete Federation, UCD Energy Research Group, University College Dublin, Irlanda.

ESTUDIO TEÓRICO DE LAS MEJORAS NECESARIAS PARA CONSEGUIR UN EECN RESIDENCIAL COLECTIVO A PARTIR DEL CTE 2006 EN LAS ZONAS CLIMÁTICAS C1 Y D1

Juan María Hidalgo Betanzos, Personal investigador, UPV/EHU
Eider Iribar Solaberrieta, Personal investigador, UPV/EHU
Imanol Ruiz de Vergara Ruíz de Azúa, Personal investigador, UPV/EHU
Moisés Odrozola Maritorea, Personal investigador, UPV/EHU
Iván Flores Abascal, Personal investigador, UPV/EHU
Cesar Escudero Revilla, Personal investigador, UPV/EHU
Carlos García-Gáfaro, Personal investigador, Gobierno Vasco
Jose Antonio Millan García, Personal investigador, UPV/EHU

Resumen: Se analizan las mejoras necesarias en el diseño de edificios de vivienda colectiva para poder alcanzar la consideración de EECN. Se toma como base de análisis un conjunto de más de 30 certificaciones energéticas realizadas durante el año 2013 con la herramienta CALENER Vyp. Dichos edificios son de uso residencial colectivo y presentan diversas tipologías, teniendo casos de grandes dimensiones y bloques de reducido tamaño. Todos ellos se ubican en las zonas climáticas C1 y D1 y han sido construidos en el País Vasco entre 2006 y 2013. Con el análisis estadístico de los datos obtenidos, se muestra la tendencia habitual en los últimos años y se valoran las mejoras que serían necesarias en las partes de la envolvente, los sistemas de calefacción y la ventilación, para que un edificio residencial tipo del CTE pueda alcanzar una demanda de calefacción en torno a 15kWh/m²a.

Palabras Claves: Certificación energética, CTE DB HE 2013, EECN, nZEB, Parque inmobiliario

INTRODUCCIÓN

La posible obligatoriedad de construir Edificios de Energía Casi Nula está cada vez más cerca. El objetivo del presente estudio es definir los grados de mejora más adecuados en el diseño de edificios de vivienda colectiva para poder alcanzar la consideración de Edificios de Energía Casi Nula (EECN). Para tal fin se optimizan cada uno de los componentes que participan en la demanda energética de calefacción del edificio: envolvente opaca, carpinterías, puentes térmicos y ventilación. Se desea discutir si los sistemas constructivos actuales permiten alcanzar los niveles de alta eficiencia necesarios para los próximos años en la tipología residencial colectiva, como caso más frecuente de los entornos urbanos.

CASOS DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA

La muestra de estudio reúne un conjunto de edificios de vivienda colectiva que han sido construidos según el Código Técnico de Edificación y que presentan un buen comportamiento energético con calificaciones energéticas A, B o C. El conjunto de edificios reúne diferentes características, recogándose en la Figura 1 las principales: número de viviendas, superficie construida, envolvente, instalaciones, etc.

Las comparativas entre los diferentes casos se ha basado en tres parámetros: la energía de calefacción demandada por cada metro cuadrado de vivienda obtenida en la certificación, el número de viviendas y el correspondiente consumo energético igualmente obtenido en la certificación.

En primer lugar se ha analizado la demanda (calefacción) de cada caso, estudiando cada proyecto de edificación, aplicando criterios comunes de certificación energética y utilizando la herramienta reconocida oficial CALENER VYP. En los siguientes apartados se ha seleccionado un edificio dentro de la muestra general como edificio tipo en el que se analizan las mejoras posibles de manera ordenada. Se valoran la eficiencia de cada medida respecto a la reducción de la demanda energética obtenida.

Finalmente, se observan los resultados finales combinados y se recogen unas conclusiones y unas futuras líneas de trabajo para alcanzar edificios de consumo de energía casi nula.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Estado actual del parque inmobiliario: Demanda energética.

El nivel de demanda CTE 2006 corresponde a la media para los “edificios de referencia” del conjunto analizado, mientras que el nivel de demanda CTE 2013 es un valor neto, explícitamente indicado por esta reciente versión del código técnico. En la Figura 1 se relacionan los consumos y demandas energéticas de cada edificio, asignando la calificación obtenida en cada caso: A, B o C.

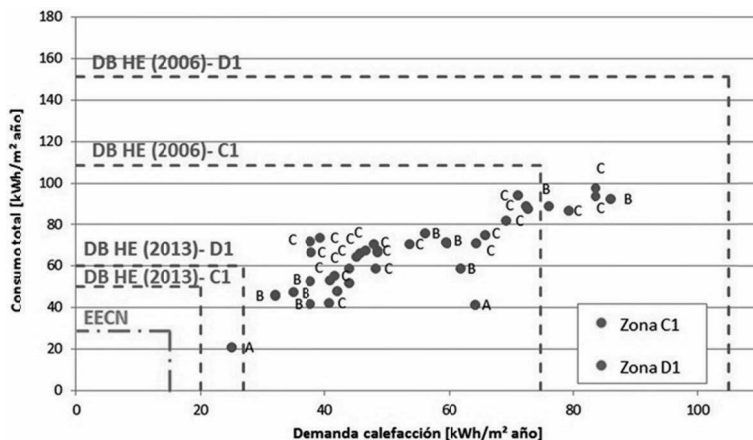


Figura 1. Calificación de los edificios y su relación demanda-consumo energético.

Una vez conocido el espectro de edificios construidos con buenas calificaciones energéticas, se selecciona un edificio como edificio tipo o representativo del conjunto. Así, el edificio tipo se analiza en mayor grado de detalle, separando la demanda general en dos partes, una debida a las pérdidas a través de la envolvente y la otra que corresponde a las pérdidas por ventilación de acuerdo con un régimen medio de 1 renovación por hora.

Optimización de la envolvente opaca

Como primer paso hacia la optimización de la envolvente se actúa sobre el elemento con mayor superficie, la parte opaca. Se desea conocer la repercusión del aislamiento térmico en la fachada, para ello se han realizado sucesivas simulaciones en el edificio Tipo para cada zona climática. La envolvente reúne tanto las fachadas, cubierta y forjado con locales comerciales y se mantienen constantes el resto de parámetros.

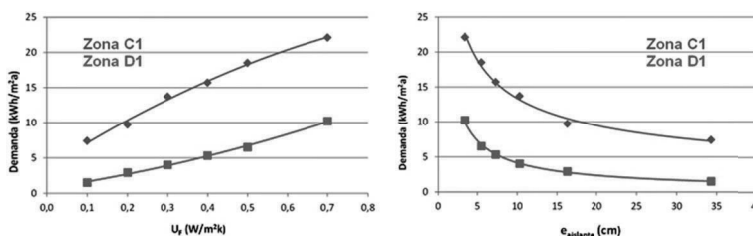


Figura 2. Optimización de la Demanda según U_f y e_a de la envolvente.

La figura 2 (dcha) muestra la reducción de la demanda energética a medida que se reduce la transmitancia térmica media de la envolvente. Para alcanzar dichas transmitancias térmicas, se requiere un espesor de aislamiento cada vez mayor, para visualizar su dimensión se ha tomado como referencia

un aislamiento convencional de conductividad 0,036 W/Km (lana mineral) obteniéndose una tendencia horizontal en espesores por encima de 15cm (figura 2, izq).

Para optimizar el aislamiento térmico colocado se ha calculado la reducción de demanda que implica cada aumento de espesor, representando en la figura 3 la curva de eficiencia o aprovechamiento. Predomina la tendencia creciente inicial y horizontal posterior que indica la existencia de un punto óptimo de aislamiento, es decir, un espesor a partir del cual la reducción conseguida es cada vez menor hasta poder llegar a ser casi inexistente. Dicho punto se encuentra en torno a los 10cm (zona C1) y los 12cm (zona D1) y se corresponde con el agotamiento de la envolvente opaca en el edificio tipo analizado.

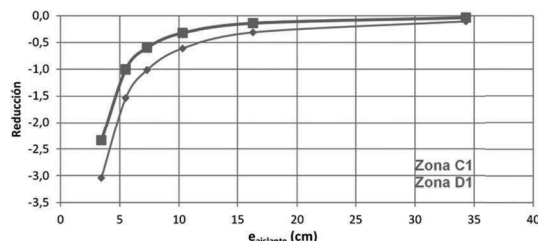


Figura 3. Eficiencia del aislamiento en envolvente según la reducción de la demanda.

Optimización de las carpinterías

Una vez definido el aislamiento óptimo de la envolvente, se ha analizado la repercusión de las carpinterías de forma similar. Así, con transmitancias medias de envolvente de 0'3 y 0'4 W/m²K se han realizado sucesivas simulaciones con transmitancias térmicas de carpintería de entre 1'2 y 2'4. Subrayar que la transmitancia media de la carpintería incluye vidrio, marco y persiana según el caso y que en general, estas carpinterías están disponibles actualmente en el mercado. La figura 4 muestra la evolución de la demanda energética según la transmitancia térmica de carpinterías. Además, analizando la eficiencia de cada mejora se aprecia que no hay un punto de agotamiento en el intervalo calculado.

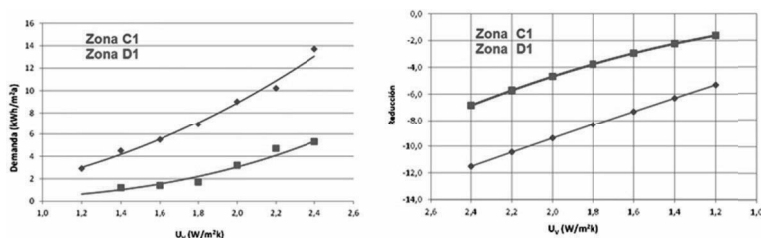


Figura 4. Optimización de la Demanda según carpinterías y Eficiencia de la mejora.

Optimización de puentes térmicos

Los puentes térmicos tienen gran incidencia en el comportamiento energético y aunque cada caso presente unas soluciones concretas, se han estudiado los tres puentes térmicos más frecuentes en la muestra de estudio: Frente de forjado, frente de pilar y pilar en esquina de fachada. El espesor del aislamiento térmico en dichos puntos singulares se reduce por falta de espacio en la ejecución material, con las consecuentes pérdidas térmicas adicionales.

Una solución técnica habitual para mitigar dicho efecto es la continuidad del espesor del aislamiento en todos los puntos de la envolvente por el exterior. Para valorar si esta solución evita los puentes térmicos, en la figura 5 se muestran los gradientes de temperaturas en caso de disponer un aislamiento continuo por el exterior. Se aprecia que dichas soluciones de aislamiento continuo por el exterior no solucionan en sí mismas el problema, especialmente en el pilar en esquina y en lugares donde la propia geometría produzca una sobreexposición.

Para cuantificar de forma detallada su efecto se ha empleado el programa FLUENT v6.1.22 que ha permitido calcular las pérdidas térmicas a través de los tres puentes térmicos (PT) mostrados a lo largo

de un año. Así, el PT de forjado aumenta las pérdidas un 36%, el PT de frente de pilar un 65% y el PT de pilar en esquina un 183%, suponiendo prácticamente el triple de las pérdidas en un tramo opaco. Estos resultados se relacionan además con importantes caídas de temperatura que pueden llegar a alcanzarse en la cara interior del cerramiento, que causa frecuentemente diversas patologías de condensación.

A escala de edificio se han estudiado los principales casos de la muestra de estudio y se ha comprobado que el conjunto de los PT aumenta en torno a un 30% la demanda energética a través de la envolvente opaca. Por lo tanto, dado que el potencial de mejora es alto, para alcanzar envolventes optimizadas es necesario analizar de forma pormenorizada las medidas que minimicen los efectos de los PT.

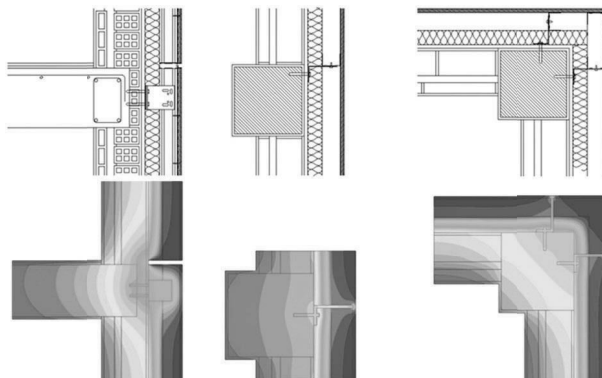


Figura 5. Puentes térmicos con aislamiento continuo exterior.

Optimización de la ventilación

Se ha comprobado que la ventilación supone en torno al 70% de la demanda térmica en edificios con buena calificación energética según las exigencias del CTE DB-HE 2006. Para reducir y optimizar su funcionamiento se han tenido en cuenta los parámetros implicados más importantes: caudal de ventilación nominal, grado de ocupación, calor perdido en la ventilación y consumo energético del propio sistema de ventilación.

En primer lugar, la ocupación en los edificios residenciales presenta un potencial de mejora importante en la medida en que se puede adecuar el caudal de ventilación al nivel de ocupación o necesidades de sus usuarios, manteniendo en todo momento la calidad del aire interior según las exigencias normativas de salubridad (DB HS3).

Así, la figura 6 recoge los cuatro potenciales de mejora para la reducción de la demanda térmica vinculada a la ventilación y teniendo en cuenta los parámetros anteriores (Opt Veld P., 2000). Se aprecia que los dos sistemas más adecuados para reducir de forma importante la demanda por ventilación son el de flujo simple con detección de CO₂ y el de doble flujo con recuperación de calor de alta eficiencia (85% individual). Conviene recordar que el rendimiento de los sistemas de doble flujo se reduce por las infiltraciones de la envolvente.

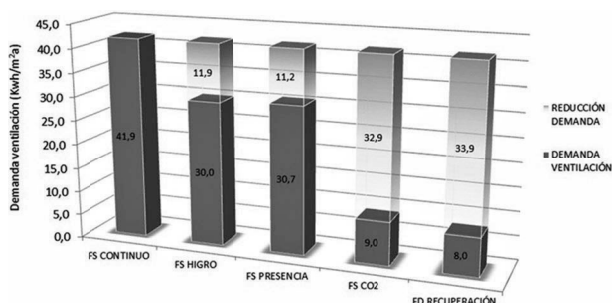


Figura 6. Optimización de demanda por ventilación según sistemas de reducción de caudal.

En segundo lugar, el consumo energético asociado a la impulsión del aire por el sistema de ventilación puede ser significativo según la eficiencia de los equipos instalados. El factor SFP o Specific Fan Power indica el grado de eficiencia de los ventiladores empleados. El sistema de doble flujo con recuperación de calor supone una importante reducción del consumo de energía primaria por calefacción, aunque por otro lado, la necesidad de incorporar un ventilador de impulsión hace que aumente de forma considerable el consumo de energía eléctrica por la operación del sistema. Si la eficiencia de los ventiladores no es elevada, el consumo de energía primaria total, considerada como la suma del consumo por calefacción y el consumo por operación de los elementos mecánicos, puede ser superior en el caso de este tipo de sistemas. Es posible determinar el valor límite superior del factor SFP que permita garantizar la viabilidad energética de los sistemas ventilación de doble flujo con recuperación de calor frente a los considerados.

Resultado final combinado

Tras estudiar cada mejora de forma secuencial se han revisado los valores de forma global, realizando ajustes finales hasta alcanzar los valores mostrados en la figura 8 donde se recoge la evolución de la demanda energética del edificio tipo en la zona climática D1 con las sucesivas mejoras propuestas. El edificio tipo optimizado presenta una envolvente media de $0'3 \text{ W/m}^2\text{K}$, puentes térmicos minimizados y unas carpinterías de $1'6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Respecto al sistema de ventilación adecuado, se observa que hay dos propuestas que alcanzan el objetivo establecido de $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ para EECN.

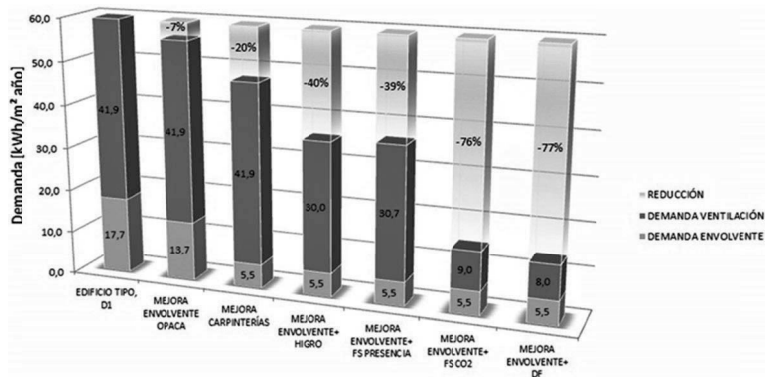


Figura 8. Resultado final de las mejoras aplicadas en el proceso de optimización.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se ha estudiado la envolvente más eficiente para la tipología seleccionada de vivienda colectiva, concluyendo que para alcanzar para la zona climática D1 el espesor óptimo de aislamiento térmico está en torno a 12cm y en C1 en torno a 10cm. Dicho punto óptimo supone una reducción de la demanda a través de la envolvente en torno al 20% y a partir de dicho espesor sería más adecuado estudiar otras posibles actuaciones en el resto de componentes del edificio.

Las carpinterías son el punto más débil de la envolvente y no presentan un punto de agotamiento dentro de los valores de transmitancia térmica global de la ventana, por lo que conviene invertir más recursos en este componente y estudiar su instalación como PT.

La optimización combinada de carpinterías y fachada opaca genera reducciones en torno al 70% en ambas zonas climáticas, alcanzando una demanda por debajo de $6 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Los puentes térmicos generan importantes pérdidas y suponen un aumento del 30% de las pérdidas por la envolvente de todo el edificio. Se ha demostrado que para minimizar su incidencia no basta con la continuidad del aislamiento exterior, sino que debe hacerse un estudio pormenorizado de su incidencia para definir soluciones a medida.

La ventilación de los edificios supone más de la mitad del consumo energético de los edificios de la muestra y presentan un coste de operación importante. Se ha analizado el potencial de ahorro energético en la ventilación, reduciendo en un 80-90% la demanda energética asociada. Como sistema de ventilación óptimo, tanto los sistemas de detección por CO₂ como los de flujo doble con recuperación de calor alcanzan el potencial ahorro. Aunque se ha comprobado la importancia del SFP de los equipos instalados, recordando que la eficiencia final debe tener en cuenta los consumos del propio sistema de distribución y la estanqueidad de la envolvente.

Conviene tener presente que el consumo de energía final de cada edificio dependerá en gran medida de la eficiencia y la correcta gestión energética de los sistemas de generación, acumulación y distribución. Se señala por lo tanto que para alcanzar EECN es necesario incluir los demás sistemas activos en el proceso de optimización y se abren futuras líneas de investigación que analicen su incidencia.

En resumen, los medios actuales permiten reducir la demanda a niveles considerados EECN, pero se requiere un diseño equilibrado de todas las mejoras, dentro de un proceso que incluya el diseño, la ejecución y el uso. Es importante distribuir los recursos de forma equitativa en la parte pasiva (envolvente) y los sistemas activos (calefacción, ACS, ventilación) en función de la climatología y del uso del edificio.

RECONOCIMIENTOS

Este estudio se enmarca dentro del convenio de colaboración entre el Gobierno Vasco y la Universidad del País Vasco, que desarrolla el Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco, publicado según Resolución 10/2005, de 1 de agosto, del Director de la Secretaría del Gobierno y de Relaciones con el Parlamento.

Agradecimientos a VIVIENDA Y SUELO DE EUSKADI, S.A., por la amplia colaboración de los proyectistas y técnicos implicados en los edificios analizados.

Ha sido posible gracias al apoyo económico como becario del Programa de Formación de Personal Investigador no doctor del Departamento de Educación, Política Lingüística y Cultura del Gobierno Vasco.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Opt Veld P., 2000, *Performances of a new generation high efficiency heat recovery units for domestic ventilation*, Proceedings 21th AIVC Annual Conference: Innovations in Ventilation Technology.

ANSYS, FLUENT v6 User's guide, 2006.

IDAE, instituto para la diversificación y ahorro de la energía, 2009, *CALENER VYP: Viviendas y edificios terciarios pequeños y medianos, manual de usuario*.

Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios.

RD 314/2006, de 17 de marzo, Código Técnico de la Edificación.

RD 47/2007, de 19 de enero, Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios.

Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía".

RD 235/2013, de 5 de abril, Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

INCIDENCIA DE LOS PUENTES TÉRMICOS EN EDIFICIO REHABILITADO DE ENERGÍA CASI NULA

Eider Iribar Solaberrieta, Personal investigador, UPV/EHU
César Escudero Revilla, Personal investigador, UPV/EHU
Koldobika Martín Escudero, Profesor doctor, UPV/EHU
Jon Teres-Zubiaga, Personal investigador, UPV/EHU
Álvaro Campos-Celador, Personal investigador, UPV/EHU
Juan Maria Hidalgo Betanzos, Personal investigador, UPV/EHU
Imanol Ruíz de Vergara Ruiz de Azúa, Personal investigador, UPV/EHU
Iván Flores Abascal, Profesor, UPV/EHU
Carlos García-Gáfaró, Personal investigador, Gobierno Vasco, UPV/EHU

Resumen: El desarrollo de EECN ha acarreado el uso de mayores espesores de aislamientos, y en efecto, la relevancia de los puentes térmicos en la demanda energética ha incrementado. No obstante, la complejidad y la unicidad de los PTs dificulta la estandarización de metodologías de cálculo y exigencias que limiten las pérdidas térmicas a través de los mismos. También induce al técnico a emplear procedimientos simplificados, y a veces, a desestimar su efecto en la demanda del edificio. Debido a las limitaciones de los métodos simplificados, se ha estudiado el impacto de los PTs en la demanda en un caso de rehabilitación convencional de un bloque residencial, aplicando una metodología que considera la inercia térmica y la tridimensionalidad de los PTs, con el objetivo de analizar las deficiencias del comportamiento térmico de una solución constructiva habitual en EECN rehabilitados.

Palabras Claves: muro equivalente, puentes térmicos, rehabilitación energética, simulación energética

INTRODUCCIÓN

La reducción de consumos de energía en la edificación se ha convertido en un importante desafío en Europa a consecuencia de las nuevas directivas. Existe un gran potencial de ahorro de energía, y consecuente disminución de emisiones de CO₂, en la reducción del uso de sistemas de calefacción y refrigeración. Y la rehabilitación energética en los edificios residenciales está jugando un papel importante en este aspecto.

Con el objetivo planteado en Europa mayores espesores de aislamiento se están ejecutando en la rehabilitación de los edificios existentes. Cuanto mayor es el espesor del aislamiento en la envolvente, más crítico es el puente térmico. Por ello, la importancia del cálculo de los PTs para caracterizar la demanda de un edificio se ha incrementado, debido al aumento de los espesores de los aislamientos en EECN.

Sin embargo, el problema de los PTs no se regula apropiadamente, lo cual lleva a desestimar las pérdidas de calor reales a través de los PTs en el proceso de diseño constructivo y como consecuencia a tener en práctica mayores demandas energéticas que las predichas en el proyecto, además de problemas de confort y patologías.

Así, el objetivo de éste estudio es analizar las deficiencias en el comportamiento térmico de una solución constructiva de rehabilitación habitual en estos últimos años. No se ha querido estudiar la mejor solución constructiva existente en el mercado, ni la peor, sino ser realista y analizar un sistema habitual de rehabilitación.

Se estudiará el impacto de diferentes PTs en la demanda de un edificio de referencia con una solución de rehabilitación convencional, una fachada ligera con cámara sin ventilar por el exterior y con aislamiento continuo sobre un muro base de doble hoja de fábrica, en base a un procedimiento

combinado de simulaciones mediante la herramienta informática TRNSYS [1] y un cálculo específico de cada PTs basado en el método del muro equivalente [2].

PROYECTO

El edificio de referencia es un edificio real de 6 plantas, del barrio de Otxarkoaga, en Bilbao, y construido en 1960, durante el desarrollismo en esta región. Se trata de una tipología y construcción habitual en edificación residencial de las ciudades que en torno a 1960 vivieron la nueva revolución industrial y el consiguiente incremento de población. El bloque de viviendas objeto se estructura en tres núcleos de comunicación. Y en cada núcleo de comunicación se presentan dos viviendas por planta, con una suma total de 36 viviendas. Las viviendas son pasantes con tres habitaciones que dan a la fachada noreste y con salón, cocina y baño que dan a la fachada suroeste.

De acuerdo a la época en la que se construyó el edificio objeto, su sistema constructivo antes de rehabilitar es sencillo y realizado con escasos recursos. La fachada es un muro de doble hoja de ladrillo (LHS 4,5/Cámara 3/LHD 10,5), con un enfoscado de mortero a ambos lados. Las ventanas son de marco de aluminio y vidrio monolítico de 4mm. La cubierta es inclinada de teja a dos aguas. Por último, la planta baja es una solera de hormigón armado y sobre la solera un parquet flotante.

La rehabilitación se ha realizado con una solución constructiva de fachada ligera no ventilada de la empresa Knauf GmbH: WL121C.es [3]. Sistema de revestimiento exterior Aquapanel para fachada no ventilada con estructura autoportante, lana mineral 6 cm continuo. La cubierta se ha rehabilitado con el mismo sistema constructivo con un revestimiento de Zinc. Y en cuanto a las ventanas, el tipo de ventana seleccionado es de carpintería de PVC y de vidrio doble bajo emisivo.

METODOLOGÍA

Primeramente, se han realizado simulaciones de demanda energética en estado actual y rehabilitado sin tener en cuenta los PTs mediante la herramienta informática TRNSYS [1]. Después, para poder computar la incidencia de los PTs en la demanda, se ha basado en la metodología del muro equivalente [2].

El método del muro equivalente se basa en buscar un cerramiento ficticio de 3 capas homogéneas simples y con la misma superficie en fachada que la afectada por el PT y con el mismo comportamiento térmico-dinámico.

Por una parte, se caracteriza el comportamiento del PT mediante el programa de simulación Fluent [5]. Y, por otra, se determina el muro equivalente basándose en el método de identificación de parámetros. El muro equivalente se compone de 3 capas homogéneas.

	Espesor [m]	R _t [m ² K/W]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	C [J/kgK]
1	0.083	1.145	0.073	936.00	1000
2	0.083	0.003	33.333	1113.60	1000
3	0.083	0.621	0.134	0.48	1000
	0.250	1.769			

Figura 1. Características de cerramiento equivalente en el PT del frente del forjado.

Se comprueba que éste muro equivalente tiene el mismo comportamiento térmico que el PT simulando bajo las mismas condiciones exteriores representativas.

El PT afecta en una determinada superficie, que por ejemplo, en el frente de forjado es la siguiente (figura 2). Desde el centro del modelo a distancias mayores que las indicadas, el comportamiento térmico a través de la fachada es homogénea.

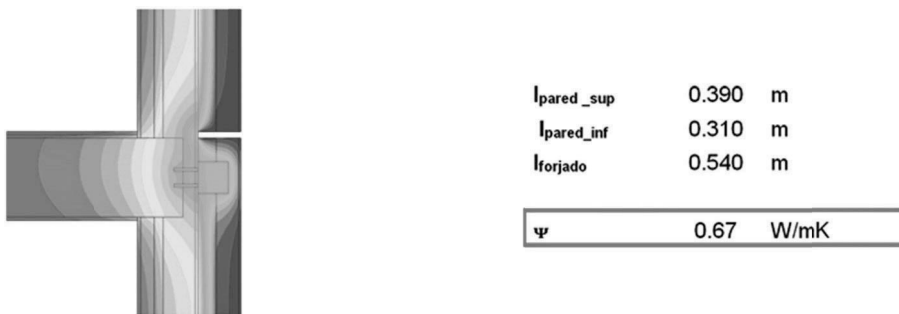


Figura 2. PT-frente de forjado.

Este procedimiento se ha seguido en cada PT estudiado (Figura 3): Frente de Pilar – Fachada; Frente de Forjado – Fachada; Encuentro cubierta-fachada; Encuentro solera- fachada; y Pilar esquina de fachada

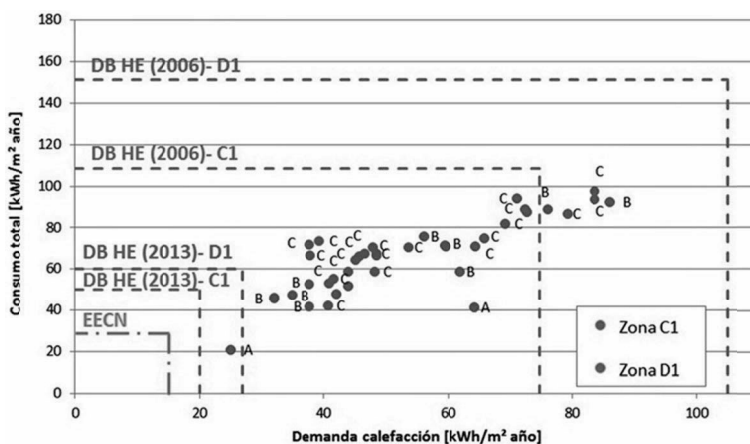


Figura 3. Perfil de temperaturas en cada PT estudiado.

Y, por último, el cerramiento equivalente calculado se sustituye en el modelo del edificio en la superficie correspondiente, para después volver a simular y obtener la demanda real.

La solución general planteada para la fachada y la cubierta es continua, en un principio, solucionando estos encuentros críticos. De todas formas, se ha pretendido comprobar si en realidad podemos decir que el aislamiento continuo anula el PT o no.

El procedimiento completo se ha aplicado desde cada espacio de una vivienda de referencia a la totalidad del edificio. La demanda de calefacción en la vivienda de referencia no es la máxima comparando con otras viviendas, puesto que está en una planta intermedia y apenas cede calor a través de los forjados. Por lo tanto, siendo la vivienda sin una demanda de calefacción máxima, ni mínima, se ha considerado adecuado para analizar con una definición mayor.

Y para la simulación se han definido unas condiciones específicas y concordantes al uso y tipología, basándose en las condiciones propuestas por IDAE [4], en cuanto a los datos climáticos, capacitancias térmicas de los espacios, ventilación y cargas térmicas.

RESULTADOS

La demanda energética de la vivienda de referencia analizada para todo el año (kWh/m² año) en estado actual es: 55.64 kWh/m² año.

Se observa que el espacio con mayor demanda en relación a la superficie es la habitación 1, situada en la esquina suroeste de la vivienda, con una demanda total de 73,97 kWh/m² año. Y el espacio con menos demanda en relación a la superficie es la habitación 3 con 33,57 kWh/m² año, 55% menos en comparación con la habitación 1.

Contemplando los resultados de cada mes de media, el mes con mayor demanda es de 15,21 kWh/m² mes. Por otra parte, de mayo a septiembre no hay necesidad de calefactar.

Una vez analizados los resultados de la vivienda de referencia, se han estudiado las demandas para cada vivienda y la media del edificio (figura 6).

		Bloque 1		Bloque 2		Bloque 3			
		A	B	A	B	A	B		
SUELO									
SUR	Piso 1	61.21	52.88	52.64	52.64	52.89	62.30	NORTE	
	Piso 2	58.82	49.05	48.80	48.80	49.06	58.95		
	Piso 3	55.68	46.68	46.45	46.45	46.72	56.34		
	Piso 4	<u>55.64</u>	46.47	46.43	46.44	46.70	56.30		
	Piso 5	57.74	48.84	49.97	48.63	48.88	58.42		
	Piso 6	83.58	74.02	73.81	73.82	74.03	83.64		
CUBIERTA									

Figura 4. Demanda del edificio en estado actual (kWh/m² año).

En cada casilla se muestra el valor de cada vivienda: en orden de izquierda a derecha, las viviendas del sur al norte y en orden de arriba abajo de la planta 1 a la planta 6. El valor subrayado, la demanda del bloque 1, planta 4 A, corresponde a la vivienda de referencia.

Por lo tanto, la demanda media del total edificio en estado actual es: 56.10 kWh/m² año.

Después, se ha procedido a simular el estado rehabilitado obteniendo el siguiente resultado: 16.56 kWh/m² año.

Sin embargo, este valor se incrementa si se tiene en cuenta la repercusión de los PTs, siendo la demanda de calefacción real de la vivienda de referencia: 20.87 kWh/m² año.

El incremento en la demanda debido a la contemplación de los PTs en el cálculo para la vivienda de referencia es 21%. Y la reducción de la demanda respecto al estado actual es de 62%.

A continuación también se muestra la variación de las demandas en la vivienda de referencia y cada espacio dividido (figura 5 y 6) a lo largo de un año en estado rehabilitado y considerando el efecto de los PTs.

Se observa que el espacio con mayor demanda en relación a la superficie es la habitación 1, situada en la esquina suroeste de la vivienda, con una demanda total de 26,33 kWh/m² año (figura 5). Y el espacio con menos demanda en relación a la superficie es la habitación 3, 13,91 kWh/m² año (figura 5), 47% menos en comparación con la habitación 1.

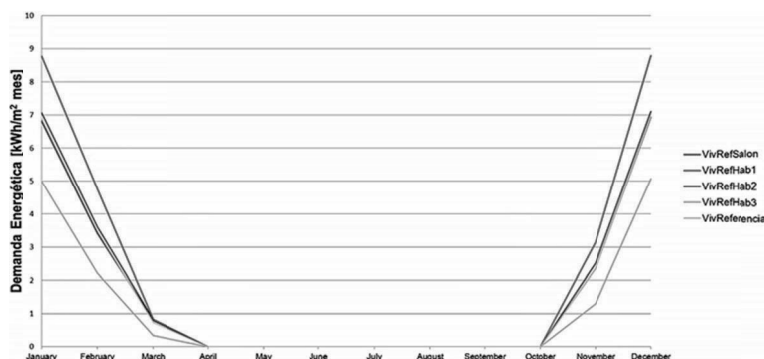


Figura 5. Demanda de la vivienda de referencia rehabilitado y el efecto de los PTs (kWh/m² mes).

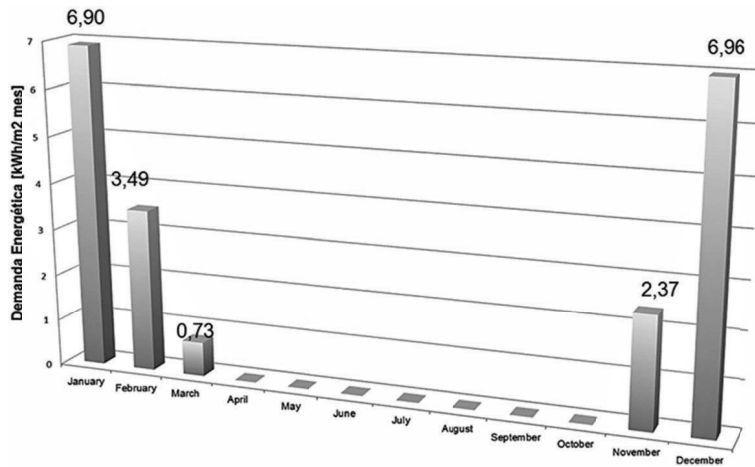


Figura 6. Demanda de la vivienda de referencia rehabilitado y el efecto de los PTs (kWh/m2 mes).

Comparando con el estado actual, se observa que la demanda de abril y octubre desaparece (figura 6). En el estado actual la demanda para estos meses es de 1,23 kWh/ m2 mes y 1,03 kWh/m2 mes respectivamente.

Se ha seguido el mismo procedimiento en todas las viviendas. A continuación se muestran los resultados sin considerar el efecto de los PTs (figura 7) y los valores obtenidos después de realizar el estudio completo de los PTs (figura 8).

		Bloque 1		Bloque 2		Bloque 3			
		A	B	A	B	A	B		
SUELO									
SUK	Piso 1	25.58	23.42	23.32	23.32	23.43	25.60	NORTE	
	Piso 2	18.58	16.27	16.18	16.18	16.29	18.71		
	Piso 3	16.67	14.67	14.60	14.61	14.72	17.01		
	Piso 4	16.56	14.46	14.50	14.51	14.62	16.90		
	Piso 5	17.53	15.56	15.92	15.51	15.61	17.87		
	Piso 6	25.72	23.52	23.44	23.44	23.53	25.80		
CUBIERTA									

Figura 7. Tabla: Demanda del edificio en estado rehabilitado sin el efecto de los PTs (kWh/m2 año).

Demanda
Estado rehabilitado-edificio
Sin incidencia PTs

18.73 kWh/m² año

En cambio, los valores de las demandas anuales de las viviendas y media del edificio con la incidencia de los PTs son los siguientes:

		Bloque 1		Bloque 2		Bloque 3			
		A	B	A	B	A	B		
SUELO									
SUK	Piso 1	40.43	33.50	33.40	33.40	33.51	40.47	NORTE	
	Piso 2	22.90	18.67	18.57	18.58	18.69	23.02		
	Piso 3	20.98	17.07	17.00	17.00	17.11	21.30		
	Piso 4	20.87	16.85	16.90	16.91	17.02	21.21		
	Piso 5	21.84	17.95	18.32	17.90	18.00	22.18		
	Piso 6	39.35	32.18	32.10	32.11	32.20	39.42		
CUBIERTA									

Figura 8. Tabla: Demanda del edificio en estado rehabilitado (kWh/m2 año).

Demanda
Estado rehabilitado-edificio
Con incidencia PTs

24.33 kWh/m² año

CONCLUSIONES

La demanda total del edificio en estado actual es de 55.64 kWh/m2 año. Pero existe un desequilibrio importante entre las demandas de las viviendas. Las viviendas de la última planta y de la primera planta son las más críticas, y entre éstas las viviendas de las esquinas del bloque. Este desequilibrio llega a ser

de un 45% entre la vivienda de mayor demanda y menor demanda. Estas diferencias deberían ser diluidas en una actuación de rehabilitación bien diseñado y ejecutado.

Para ello, se ha propuesto un sistema de rehabilitación integral, que comprende la rehabilitación de la cubierta, ventanas y fachada. Si se ejecutara, únicamente, las rehabilitaciones en la fachada y ventanas, se suprimiría el desequilibrio existente entre las viviendas entre medianeras y de las esquinas del bloque. Sin embargo, el desequilibrio de las plantas 6 y 1 respecto a las viviendas de las plantas intermedias no se diluye. Por ello, para solventar dicha deficiencia se ha creído necesario también la rehabilitación de la cubierta. La solera, también se podría rehabilitar, no obstante, debido a las dificultades que se plantean en la realidad para intervenir por el interior, esta posibilidad se ha descartado.

Se ha obtenido una eficiente disminución de demanda con el sistema de rehabilitación planteado, siendo el resultado de la demanda total sin el efecto de los PTs de 18.73 kWh/m² año, casi alcanzando la exigencia de Passivhaus de nueva edificación, 15 kWh/ m² año [7]. Sin embargo, después de realizar el estudio de los PTs y evaluar la incidencia de los mismos, se ha visto que la demanda real es de 24.33 kWh/m² año, alejándose del límite del estándar Passivhaus, pero cumpliendo el límite del estándar EnerPHit para rehabilitación, 25 kWh/ m² año [6], y. Descontando la demanda debida a la ventilación a estos valores obtenidos, quedando en 13.06 kWh/ m² año y 18.82 kWh/ m² año respectivamente, el incremento por los PTs se ha visto que es de un 30%.

Por lo tanto, se confirma que con la solución de rehabilitación planteada, aun siendo el aislamiento continuo, no se suprime el efecto del PT. Es más, es necesario considerarlos, ya que obviándolos el resultado que se obtiene se aleja de la realidad. Este impacto en la demanda significa una incidencia del mismo orden en el consumo y el gasto económico anual de los usuarios.

Otro de los problemas que se ha observado en el análisis de los resultados es que la repercusión de los PT en cada vivienda no es igual. Las viviendas en la planta 1 y planta 6 son más vulnerables a los PTs, volviendo a aparecer el problema del desequilibrio de demandas entre las viviendas de las planta 6 y 1 y las intermedias. Esto puede suponer que el inquilino de la planta 6 tenga un consumo doble que del inquilino de la planta 3. Es por lo tanto, otro aspecto importante a tener en cuenta.

Por lo tanto, cabe destacar lo importante que es tener en cuenta los PTs en la simulación o, previamente, en el diseño constructivo de las intervenciones de rehabilitación. Todo indica que se deberían buscar nuevas soluciones para los encuentros constructivos críticos. Además, de la estandarización de metodologías de cálculo y limitaciones mediante normativas más exhaustivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. TRNSYS- A Transient Simulation Program, Madison, USA, 1996.
2. MARTIN, K., ESCUDERO, C., ERKOREKA, A., FLORES, I., SALA, J.M. *Equivalent wall method for dynamic characterization of thermal bridges. Energy and Buildings*, Vol 55, 2012, pp. 704-714.
3. KNAUF, consultado el 14 de marzo, 2014, <http://www.knauf.es/index.php/es/sistemasknauf/fachadas>
4. IDAE. Condiciones de aceptación para programas informáticos alternativos a LIDER y CALENER, Anexo III.. Madrid, Ministerio de Industria Comercio y Turismo, 2009.
5. FLUENT. 6.2. *User's Manual*, ANSYS Inc., 2005.
6. *Certified Passive House Certification criteria for residential Passive House buildings*, Darmstadt, Passive House Institute, 2013.
7. EnerPHit and EnerPHit+: *Certification criteria for refurbished buildings with Passive House components*, Darmstadt, Passive House Institute, 2013.

REPERCUSIÓN DEL AGUA EN LOS EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO

Amantia Martínez Pérez, Arquitecto Técnico, estudiante de Máster en Tecnologías de Edificación Sostenible de la UDC

Fco Javier López Rivadulla, Dr. Arquitecto, profesor del Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la UDC

Resumen: Cuando se habla de edificios de consumo casi nulo siempre se enfoca desde el punto de vista energético. Sin embargo, enfocando esta meta desde un punto de vista más amplio, se podría relacionar el consumo de agua con el consumo energético. Consumiendo de manera moderada e incluso reaprovechando aguas, además de reducir el consumo de agua, se podría reducir el consumo energético que implicaría un transporte de agua excesivo desde las plantas de tratamiento hasta la vivienda, y desde la vivienda a las estaciones depuradoras (EDAR). Haciendo una comparativa con el consumo energético en una vivienda sin estos sistemas y una vivienda con un uso de agua eficiente, se demuestra que estos métodos son eficaces para reducir el consumo energético.

Palabras Claves: Consumo Energético, Consumo Agua, Eficiencia

INTRODUCCIÓN

Cuando se comenzaron a establecer las primeras relaciones entre agua y energía, tan solo se consideraba como única relación entre ambas, al aprovechamiento de la energía que se puede producir en los ríos, considerando éstos como una fuente de producción. Sin embargo, posteriormente también se ha comenzado a hablar de la relación inversa, la relación que existe entre el consumo de agua y el consumo energético.

Objetivo

Cuando se habla de edificios de consumo de energía casi nulo, se hace referencia a la definición presentada por la Directiva Europea 2010/31/EU, que define estos edificios como aquellos edificios altamente eficientes desde el punto de vista energético, con una demanda casi nula o muy baja, cubierta por energías procedentes de fuentes renovables. Para ello, se han de tener presentes e intentar minimizar todos los consumos energéticos que requiere la vivienda para su pleno funcionamiento. Esto casi siempre se cumple, siempre se han tenido presentes procesos y métodos para ahorrar energía, pero un uso eficiente del agua, siempre se ha pasado por alto. En el caso de las viviendas se obtiene una buena relación de beneficios utilizando dispositivos de ahorro de agua doméstico (MacMahon y col, 2006).

Teniendo presente esta definición, el objetivo del presente trabajo, es demostrar la relación que existe entre el consumo de agua y el consumo de energía en una vivienda unifamiliar. Para ello primero se analizarán los consumos de agua, tanto actuales, como con la incorporación de sistemas de ahorro, y se vincularán ambos al consumo energético que implican, demostrando que reduciendo el consumo de agua se reducirá notablemente el consumo de energía.

Relación entre el consumo de agua y el consumo de energía.

En las viviendas la totalidad del agua empleada es potable, no siendo necesario en muchas ocasiones que disponga de esta propiedad. Un elevado consumo de agua, conlleva que se consuma energía en exceso, necesaria para llevar a cabo el transporte y el proceso potabilizador cuando puede no ser necesario. El transporte del agua requiere grandes demandas de energía, por ello optimizando la demanda y su consumo, los procesos de depuración y tratamiento también se verán optimizados. Cada

etapa del ciclo hídrico urbano que recorre el agua, desde su captación hasta su vertido final, previo tratamiento, implica un gasto de energía unitario (kWh/m³).

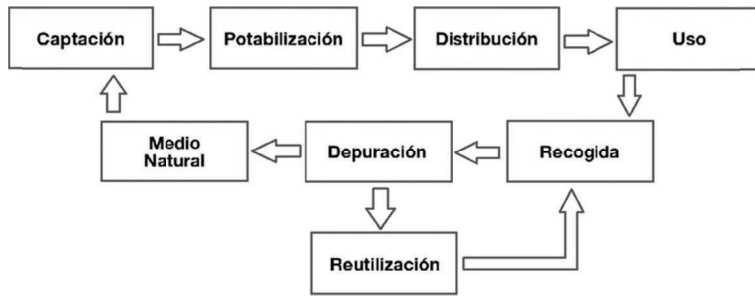


Figura 1. Ciclo Urbano del agua.

La figura anterior muestra el esquema del ciclo urbano del agua, todos los procesos que refleja requieren una cantidad de energía que repercute durante todo este proceso, desde la captación del agua en el entorno, hasta que ésta retorna al medio natural una vez ha sido depurada. El gasto energético de este ciclo, no es un dato constante, depende del tipo de proceso de captación, como del tipo de entorno entre más factores. En la mayoría de los casos, la presencia del agua implica la presencia de energía. En la actualidad, aproximadamente entre un 2 y 3% del consumo de energía total que se consume en el mundo, es empleado para el bombeo y el tratamiento del agua en las poblaciones urbanas y el sector industrial (Watergy, 2002).

Teniendo presentes dichos datos, se puede considerar que el consumo de agua y de energía están estrechamente relacionados. Con la incorporación de políticas de ahorro, y sistemas de ahorro en las viviendas además de garantizar la existencia del recurso para el suministro, también se consigue lograr un ahorro de energía, minimizando la emisión de gases de efecto invernadero. En temas de ahorro de agua, se debe fomentar en la mayor medida posible para no contribuir al cambio climático, pero también el menor consumo de agua supone menor una menor utilización del ciclo urbano del agua.

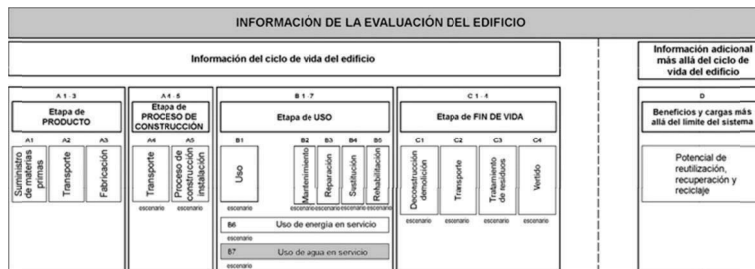


Figura 2. Esquema información de evaluación del edificio.

En este gráfico extraído de la UNE EN 15978:2011 referida al comportamiento ambiental de los edificios, muestra como durante la etapa de uso del edificio, se han de valorar a la par el consumo de energía junto al consumo de agua. Ambos consumos sería necesario reducirlos, y hacer referencia al consumo de agua implica hablar también de consumo energético.

MÉTODO

Trabajo de obtención de datos

Para comprobar que la instalación de sistemas de aprovechamiento de agua aportan beneficios a la hora de cuantificar la energía consumida en una vivienda, ha sido necesario realizar un trabajo de recopilación de datos, mediante el cual se ha realizado un análisis de los consumos de agua y energía en una vivienda unifamiliar aislada. Además también ha sido necesario analizar grandes infraestructuras de abastecimiento de agua, como la empresa encargada del abastecimiento de agua, y la Estación Depuradora de Aguas Residuales que se encargará de la depuración de las aguas residuales del

municipio, siendo en estos dos últimos casos, datos relacionados con el consumo energético asociados al agua.

Para la obtención de la información que garantizase la consecución del objetivo del trabajo, se han valorado los siguientes datos:

- Volumen de agua consumido en la vivienda.
- Volumen de agua enviada a la red de evacuación y tratamiento.
- Volumen de agua procedente de la red de abastecimiento.
- Consumo energético de abastecimiento.
- Consumo energético que implica el tratamiento de agua residual.

Estimación del ahorro

Conocido el consumo de agua de la vivienda unifamiliar elegida, se proyecta la incorporación de sistemas para lograr reducir el consumo y que no impliquen un aumento del consumo energético de la vivienda.

Sistemas de ahorro, se incorporan a todos los grifos reductores de caudal, se incorpora un sistema de doble descarga en el inodoro y se cambia el sistema de riego a un sistema de riego por goteo. Sistemas de aprovechamiento de aguas de lluvia. Se instalará un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia, que recoja la totalidad de las aguas que caigan sobre la cubierta. Un depósito situado en la planta bajo cubierta, aprovechará la gravedad para dar abastecimiento a inodoro, lavadora, limpieza y riego.

Sistema descentralizado de aprovechamiento de aguas grises. Un sencillo depósito situado bajo el lavabo destinará las aguas generadas en él al inodoro, ayudando al depósito de pluviales a cubrir la totalidad de esta demanda.

Consumo energético derivado del consumo de agua

Se consultan los datos que ofrece la empresa de abastecimiento de aguas en cuanto al consumo energético que implica el transporte de las aguas, desde el punto de abastecimiento en el embalse, hasta la captación de la propia vivienda. También son consultados los datos de consumo energético que implica el transporte de las aguas por la red de evacuación desde la vivienda a la estación depuradora, y su tratamiento antes de ser devueltas al medio natural. Los datos de esta última etapa del ciclo de agua son orientativos, ya que la estación depuradora que se encargará del tratamiento de las aguas de la vivienda todavía no se encuentra en funcionamiento, y los datos de los que se dispone son una estimación de la propia empresa.

RESULTADOS

Consumo de agua con las instalaciones convencionales

Se analiza el consumo de agua medio por persona, y se aplica a una unidad familiar de 4 personas. La vivienda elegida tomada como referencia se encuentra en la provincia de A Coruña, dato que se ha de tener presente al menos en cuanto al ahorro que puede suponer el aprovechamiento de agua de lluvia y la necesidad de riego del jardín. Se adjuntan en la siguiente tabla los consumos medios que han sido estimados:

Con una extensión de 100 m² de jardín, y empleando datos como la evapotranspiración de la zona, el tipo de cultivo y el clima, se ha estimado la necesidad de riego del jardín, siendo únicamente necesario el riego en los meses de julio y agosto, con 1.275 y 708 litros al mes respectivamente. Considerando la ocupación diaria de cuatro personas, y la necesidad del agua de riego, el consumo estimado de la vivienda es de 199.083 litros/año.

Punto de consumo	Consumo total (litros/hab.día)
Inodoro	30,00
Lavabo	15,00
Ducha	60,00
Cocina	6,00
Lavadora	15,00
Lavavajillas	6,00
Limpieza	3,00
Total	135,00

Figura 3. Consumo de agua total (litros/hab. día).

En la vivienda convencional, toda el agua consumida es arrojada al desagüe, no es aprovechada y se envía a la estación depuradora. Por otro lado, el agua destinada a la limpieza también se pierde definitivamente y del total consumido, se considera que el 80% sigue este camino. Esto implica que anualmente se arrojan a la red de evacuación 154.176 litros.

Consumo de agua con sistemas de ahorro

Con la incorporación conjunta de estas medidas, se logra reducir notablemente el consumo de agua de la vivienda.

Punto de consumo	Consumo total (litros/hab.día)
Inodoro	18,00
Lavabo	6,25
Ducha	30,00
Cocina	2,50
Lavadora	15,00
Lavavajillas	6,00
Limpieza	3,00
Total	80,50

Figura 4. Nuevo consumo con sistemas de ahorro (litros/hab.día).

Modificando el sistema de riego, aunque la demanda sigue siendo la misma, la necesidad de agua se reduce a 872,95 y 483,91 litros durante los meses de julio y agosto respectivamente. Con la ocupación diaria de cuatro personas, y la necesidad del agua de riego, el nuevo consumo estimado de la vivienda es de 118.886,87 litros/año.

Con la instalación conjunta de los sistemas de aprovechamiento de aguas de lluvia y de reaprovechamiento de aguas grises, se ha llegado a anular completamente el gasto de agua que implica el inodoro, la lavadora, la limpieza y el riego. De este modo, los usos que requieren del agua de la red de abastecimiento serán únicamente la ducha, el lavabo, el fregadero y lavavajillas, quedando el consumo reducido del siguiente modo:

Punto de consumo	Consumo total (litros/hab.día)
Lavabo	6,25
Ducha	30,00
Cocina	2,50
Lavavajillas	6,00
Total	44,75

Figura 5. Consumo que implica consumo de agua potable (litros/hab. día).

Implicando un consumo diario en la vivienda de 179 litros/día y un consumo anual de 65.335 litros/año.

La incorporación de estos sistemas no reduce únicamente el agua que se consumirá procedente de la red de suministro, al aprovechar las aguas grises procedentes de lavadora, ducha y lavabo, también se reducirá la cantidad de agua que se envía a la red de evacuación para su posterior tratamiento. Las aguas susceptibles de ser enviadas a tratar son, únicamente, las procedentes de la cocina, lavavajillas e inodoro:

Punto de consumo	Aguas generadas (litros/hab.día)
Inodoro	18,00
Cocina	2,50
Lavavajillas	6,00
Total	26,50

Figura 6. Aguas arrojadas a la red de tratamiento (litros/hab. día).

Con la aplicación de estos sistemas, se generan en total 106 litros de agua diarios que no pueden ser reaprovechados y requieren un tratamiento. Suponiendo que el 80% de esas aguas siguen ese camino, implica que anualmente 30.952 litros son enviados a la EDAR para su tratamiento.

Consumo energético

Valorados los recursos hídricos consumidos anualmente para el abastecimiento de agua potable de la vivienda unifamiliar y su tratamiento, a continuación se presentan los consumos de energía eléctrica ligados a dicha demanda. Los consumos eléctricos a continuación expuestos hacen referencia al proceso de bombeo para poder transportar las aguas desde las redes de distribución y desde los depósitos principales de regulación, al proceso de potabilización, y al de tratamiento de las aguas. No han sido incluidos en el estudio las demandas energéticas debidas a las bombas dosificadoras de cloro de los depósitos de regulación, por ser irrelevantes respecto al resto y de imposible determinación en la mayoría de los casos.

Consumo energético vinculado al abastecimiento

Para deducir el consumo energético que implica el abastecimiento, se calcula el consumo que tendría la instalación de una bomba para el autoabastecimiento a partir de un pozo situado en la vivienda.

Caso	Coste energético (kW/m³)	Demanda a la red(m³)	Consumo (kW)
Vivienda consumo convencional	0,65	199,083	129,40
Vivienda consumo reducido	0,65	118,887	77,28
Diferencia		80,196	206,68

Figura 7. Consumo energético que implica el abastecimiento (kW).

Consumo energético vinculado a la evacuación y tratamiento

La estimación ofrecida por la empresa de tratamiento de aguas del consumo energético que implica el transporte y tratamiento de las aguas es de 0,49 kW/m³.

Caso	Coste energético (kW/m³)	Aguas evacuadas (m³)	Consumo (kW)
Vivienda consumo convencional	0,49	154,176	74,546
Vivienda consumo reducido	0,49	30,952	15,166
Diferencia		123,224	59,38

Figura 8. Consumo energético que implica el tratamiento (kW).

Discusión de los resultados obtenidos

A lo largo de todo un año, la demanda de agua urbana total que exige la vivienda unifamiliar analizada es de 199,083 m³, cuya totalidad procede de aguas superficiales, evitando así mayor demanda energética por bombeos de aguas subterráneas, desalaciones o transferencias de agua. Con la

instalación de los sistemas de ahorro y aprovechamiento de aguas, esta cantidad logra reducirse a 118,887 m³, aproximadamente un 40% de consumo menos.

Se puede deducir del presente trabajo, la idoneidad, desde un punto de vista energético, de promover la reutilización y ahorro de las aguas procedentes de las aguas de lluvia, ya que no es necesario un tratamiento especial de tratamiento o potabilización que precisen los usos posteriores a los que se destinan. Teniendo que el consumo que implica la regeneración de las aguas residuales y su distribución se estima en unos 0,49 kWh/m³ lograr la reducción del 80% del consumo asociado al tratamiento de aguas.

Es de destacar que todos los consumos y volúmenes a los que se hace referencia proceden únicamente de una vivienda unifamiliar ocupada por cuatro personas, si se extendiese el fomento de los sistemas de ahorro de aguas a todas las edificaciones,

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se ha demostrado que reducir el consumo de agua y su reaprovechamiento también supone un ahorro desde el punto de vista energético. Con cada litro de agua que no se consuma, se ahorrará todo el consumo energético que implica la totalidad del proceso al que se somete, desde su captación hasta su vertido. Por cada litro de agua que no se consuma en la vivienda se ahorran 0,11 kW de energía, lo que implica un 55% de lo que actualmente implica el consumo de agua, logrando así un consumo energético más eficiente y sólo cuando éste sea necesario.

BIBLIOGRAFÍA

ARIZMENDI BARNES, L.J., 2005. Cálculo y normativa básica de las instalaciones en los edificios. 7ª renovada edn. Pamplona: Eunsa.

CABRERA E., PARDO M. A., CABRERA JR. E. Y COBACHO R., 2011. Agua, energía y eficiencia o el inaplazable reto de la sostenibilidad. VII Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua. Fundación Nueva Cultura del Agua.

MCMAHON J.E., WHITEHEAD C.D., BIERMAYER P., 2006. Saving water saves energy. Lawrence Berkeley National Laboratory. Berkeley. California. USA

WATERGY, 2006. Agua y Energía: Aprovechando las oportunidades de eficiencia de agua y energía aún no exploradas en los sistemas municipales de agua.

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE ESQUELETOS ESTRUCTURALES

Ana Isabel Menéndez Suárez, Gerente, EFINCO, S.L.
Iván Menéndez Suárez, Director Técnico, EFINCO, S.L.

Resumen: Es el objetivo de esta comunicación tratar de mostrar como rehabilitar energéticamente las estructuras de los edificios que han quedado obsoletas como consecuencia de la burbuja inmobiliaria hasta conseguir un EECN para dar cumplimiento actualmente a los retos propuestos en materia de edificación para el Horizonte 2020. El caso planteado supone adaptar un proyecto de vivienda unifamiliar comenzada en el año 2012, para convertirla en una vivienda de consumo energético casi nulo, pasando de una certificación inicial de proyecto "D" a un resultado final "A" (tanto en demanda como en consumo).

Palabras Claves: Arquitectura, Certificación, Construcción, Consultoría, Eficiencia, Energía, Ingeniería, Materiales, Rehabilitación, Renovables

INTRODUCCIÓN

La crisis ha arrastrado al abandono a numerosos inmuebles que han quedado en estructura por distintos problemas: la quiebra de los promotores, la paralización por falta de compradores, la viabilidad del edificio, etc. Estos esqueletos producen mucha inquietud en la sociedad; problemas de seguridad, salubridad, empobrecimiento del paisaje urbanístico, etc. y al final no se encuentra ninguna salida salvo la demolición que parece a día de hoy una medida muy poco popular, a la par de bastante costosa.

Con este proyecto se pretende demostrar que es posible dar valor a edificaciones que parecían estar condenadas al olvido; un problema existente actualmente son los edificios a medio construir, desde Efinco se considera una buena opción la adaptación de los mismos a los nuevos estándares europeos de 2020, con la finalidad de mejorar la habitabilidad de los mismos y permitir que los errores del pasado se conviertan en los aciertos del futuro.

ANTECEDENTES

Se presenta un proyecto que ha representado todo un reto, desde el punto de vista de la consultoría energética y en la actualidad desde el punto de vista de la ejecución, modificando tan solo materiales y ejecución se ha logrado obtener un edificio que demandará un 80% menos de lo proyectado originariamente.



Figura 1. Alzado de la vivienda oeste.

Se introduce un breve resumen para saber los datos de partida; se trata de una vivienda unifamiliar sita en el concejo de Laviana, en Asturias, sus propietarios encargan un proyecto en el año 2010 que contempla la idea de un edificio moderno que aportara eficiencia en la parte de sistemas activos con una bomba de calor geotérmica y un suelo radiante, la estructura del edificio sería mixta de hormigón y metálica y los cerramientos exteriores en hormigón visto, cuando finalmente se consigue la licencia en el año 2012 y se comienza a ejecutar el proyecto, la empresa adjudicataria quiebra con unos resultados en la fachada que nos satisfacen lo esperado, la obra ya levantada en estructura queda de nuevo paralizada y en este transcurso de tiempo los propietarios, que tienen inquietud con respecto a la eficiencia energética y los arquitectos Luis Corte Fernández e Isaac Orviz González, apuestan por una reestructuración del edificio reconvirtiéndolo en un EECN, pero con el reto de no modificar ninguna variable climática al existir la estructura previamente, ni tampoco afectar a la estética original del proyecto.

A priori, se encarga a la empresa EFINCO especializada en este tipo de proyectos, un análisis inicial sobre las posibilidades técnicas y como no, las nuevas condiciones económicas que estos cambios podrían suponer al proyecto.

SITUACIÓN INICIAL

El proyecto llega a la consultoría totalmente redactado con unas especificaciones iniciales que contemplaban ya una definición completa del edificio:

- Orientación del edificio de fachadas principales este/oeste para dotarlo de una visión panorámica del valle y de la ciudad, con grandes huecos acristalados al oeste que representan un 40% de la superficie total de la envolvente.
- Estructura del edificio mixta hormigón/metálica, con forjados tradicionales de vigueta y bovedilla.
- Cerramientos exteriores diseñados en hormigón visto a lo largo de todos los parámetros verticales, cámara, aislamiento de 4cm y tabique interior de ladrillo con carga de yeso.
- La distribución del inmueble contempla tres volúmenes diferenciados; zona de garaje ubicada en la planta sótano, vivienda propiamente dicha ubicada en planta baja y primera con doble altura en la zona de comedor y escalera de hormigón visto volada para integrar las dos plantas, con una tercera zona adosada a la vivienda cuya función es hacer de estudio de pintura con una doble altura.



Figura 2. Vistas orientación oeste y Estructura existente.

CONSULTORIA ENERGÉTICA

Los retos más importantes del proyecto a la hora de definir soluciones a medida han sido:

1. Orientación de la vivienda, la fachada más llamativa es la que mira al valle con una orientación oeste, esto produce que durante el invierno el balance neto entre las ganancias solares y las pérdidas por conducción, puentes térmicos e infiltraciones sea siempre negativa, sin embargo durante el verano, debido a la inclinación del sol, el edificio podría incluso necesitar climatización al no tener contemplada ninguna protección solar.
2. La distribución interior de la vivienda que se abre a la comunicación visual siempre de las dos plantas a través de dobles alturas, produce unas corrientes interiores puesto que el calor siempre tiende hacia arriba y suele producirse una mala distribución de las temperaturas interiores.
3. El dimensionamiento de los huecos acristalados con aperturas al exterior de grandes dimensiones produce que por un lado muchos sistemas de carpintería no aguanten las luces y por otro lado las infiltraciones a la vivienda sean excesivas.
4. Los puentes térmicos generados por los distintos materiales empleados en los cerramientos exteriores y en la estructura ya venían definidos por el proyecto original, teniendo que pasar a nuevas soluciones que minimizaran estos puentes sobre todo en la zona de garaje con la vivienda habitual, en los cantos de forjado, en la cubierta, en la zona de cimentación o en los encuentros de la carpintería exterior.
5. Las infiltraciones no deseadas a la vivienda procedían de muchos encuentros que tal como se definía el proyecto eran difíciles de eliminar, así mismo, al solucionar infiltraciones necesitábamos nuevos sistemas para la ventilación de la vivienda.

Durante cuatro meses en estrecha relación entre consultora, arquitectura y promoción, trabajando cada una de las distintas posibilidades han dado como resultado un exhaustivo trabajo de consultoría previa. Todas las soluciones se han llevado a cabo mediante el análisis previo de la simulación energética utilizando programas como energy plus, therm, etc. y transformando el proyecto realizado inicialmente en CAD a un modelo paramétrico (BIM) que permitirá trabajar con las propiedades de los elementos a fin de optimizar envolvente e instalaciones, obteniendo finalmente una reducción en la demanda final del edificio en calefacción, sin tener en cuenta los sistemas activos empleados a posteriori, pudiendo alcanzar un ahorro final muy superior.

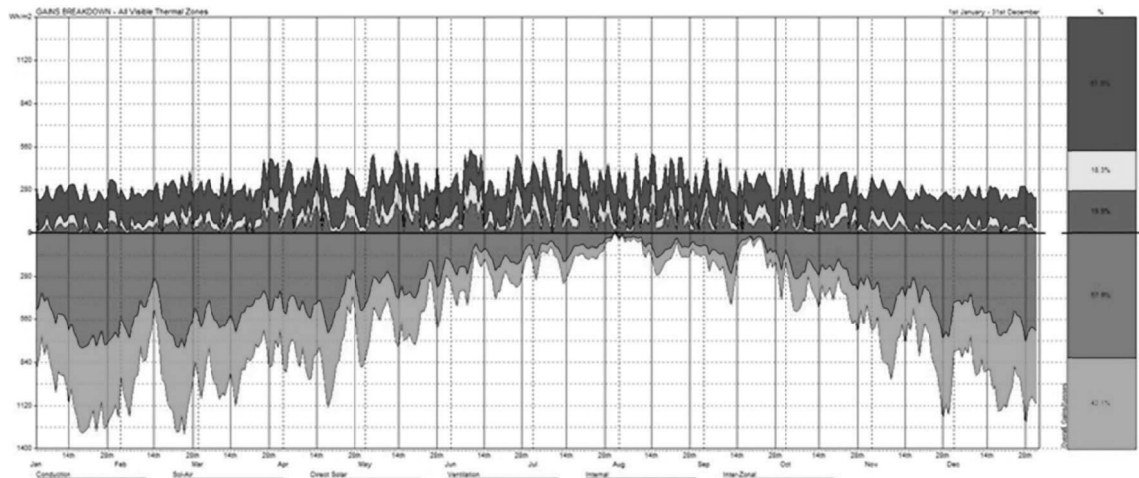


Figura 3. Cuadro de pérdidas y ganancias en la vivienda.

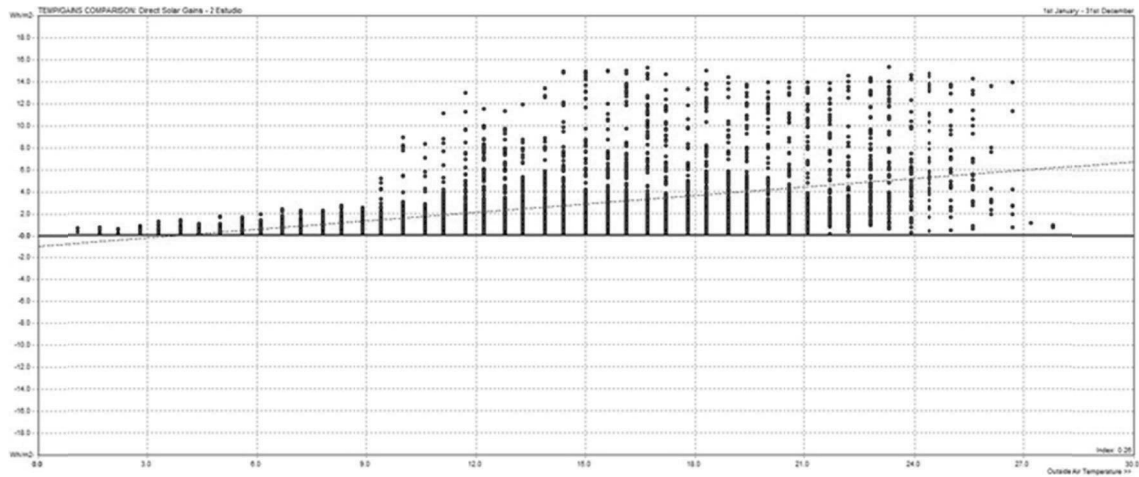


Figura 4. Temperaturas vs ganancias.

Así mismo, se han comprobado los resultados obtenidos en el edificio con programas reconocidos para tales efectos, culminando el proceso con una alta calificación energética del edificio (A en consumo y A en emisiones de CO₂) que será realizada por agentes externos al proyecto para validar más objetivamente los resultados.

SOLUCIONES AL PROYECTO

- La envolvente: se sustituye la fachada original de hormigón visto (se respeta en la planta semisótano porque ya estaba ejecutada y que corresponde en parte al garaje y en parte a la zona de estudio), por una fachada de bloque de hormigón celular con proyección de yeso por el interior, y un SATE (sistema de aislamiento térmico por el exterior) de 10 cm. por el exterior, que nos permite mejorar el comportamiento del edificio a la vez que ganar m² útiles en el interior. La envolvente corre continua por toda la fachada y se prolonga hasta la cubierta, reduciendo así parte de los puentes térmicos de fachada. Respecto al tratamiento al resto de puentes, cada uno ha tenido un tratamiento diferente reduciéndose de manera muy sustancial el impacto de los mismos. Para la eliminación de los puentes térmicos entre la estructura original y los nuevos cerramientos se arrancó con una primera hilada de aislamiento de vidrio celular. Una parte de la vivienda contempla aislamientos por el interior, puesto que la zona de garaje debe ser independizada y no tratada como zona habitable a pesar de su integración en el volumen de la edificación.
- Cambios en la carpintería exterior: inicialmente definido con carpintería de aluminio, no se contempló el cambio a otras soluciones por los gustos personales de los promotores, declinándose a la serie 70 HI de Schüco por el reto que suponía los amplios espacios acristalados al exterior (gran parte de las carpinterías no aguantaban las dimensiones del vidrio), y con un buen comportamiento térmico para ser aluminio, se ha compensado con un acristalamiento de doble cámara con argón y doble capa bajo emisiva ya que las orientaciones del edificio no permiten la ganancia solar y por lo tanto lo aconsejable sería reducir las pérdidas por conducción de los huecos acristalados. Toda la carpintería será colocada con un sistema de bandas perimetrales que aseguren la estanqueidad, consiguiendo así reducir las infiltraciones del edificio de manera significativa ya que este es uno de los aspectos que más aumenta la demanda de los edificios y que usualmente no está bien resuelto.
- Cambios en los sistemas activos; al realizar los cambios anteriores se necesita controlar la ventilación del inmueble, optándose por una ventilación mecánica de doble flujo con recuperador de calor, a fin de mantener un alto confort interior por una constante renovación de aire sin necesidad de infiltraciones indeseadas y una recuperación del calor del aire que sale

al exterior de hasta el 95%. Se mantiene la bomba de calor geotérmica, puesto que las sondas ya estaban instaladas previamente, inicialmente esta era trifásica y ahora se opta sustituirla por una monofásica a fin de reducir el término potencia de los recibos ya que sus costes son cada vez más elevados.

- Otros cambios contemplados; se estudia incorporar en la vivienda iluminación de bajo consumo, electrodoméstico de alta calificación energética y la gestión mediante sistemas domóticos que le permitirá hacer un uso más eficiente del hogar.

Todos estos cambios conllevan también una forma distinta de entender la ejecución del proyecto, no se puede entender una consultoría con soluciones de alta eficiencia, si detrás de ello no hay un control exhaustivo en la ejecución por lo que para ello se han introducido en el proyecto pruebas de control como son:

- El blower door test; que permitirá conocer el nivel de infiltraciones de la vivienda, que se llevará a cabo en la primera fase de envolvente a fin de controlar infiltraciones no deseadas y en la última fase a fin de poder comprobar la estanqueidad final para el buen funcionamiento de la ventilación forzada de doble flujo con recuperador de calor instalado.
- La termografía exterior de la vivienda para detectar los puentes térmicos y minimizar su impacto en el conjunto final.

Dichos controles no han de entenderse como una traba, sino como una ayuda indispensable en la ejecución, se necesita conocer el comportamiento de la envolvente para garantizar el buen funcionamiento de todos los sistemas tanto pasivos como activos y saber que los dimensionamientos realizados en la parte activa son los correctos para minimizar consumos energéticos.

CONCLUSIÓN

Debido a las nuevas políticas energéticas del país, los promotores se ven en la necesidad de buscar soluciones de máxima eficiencia que tengan la menor demanda posible (EECN), puesto que es la única alternativa a la continua subida de la electricidad.

Si no se demanda energía el término potencia necesaria será más bajo y los costes tanto fijos como variables muchos menores. A día de hoy parece ser el camino para rentabilizar proyectos de eficiencia energética, siendo la apuesta más segura los EECN.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la existencia de este proyecto a los promotores de la vivienda Juan Carlos y Natalia que han hecho posible con su interés e ilusión que la rehabilitación energética sea una realidad.

También mención especial a los arquitectos Luis Corte Fernández e Isaac Orviz González que se han mostrado en todo momento abiertos a nuevas soluciones, apoyando desde la dirección técnica cada paso dado en este proyecto.

LA TIPOLOGÍA DE VIVIENDA ADOSADA Y EECN: ANÁLISIS, METODOLOGÍA Y APLICACIÓN PRÁCTICA

Jesús Ruipérez García, Arquitecto, AEXERGIA.com
Oscar Cuevas Argandoña, Arquitecto, AEXERGIA.com

Resumen: Como resultado de las políticas urbanísticas de las últimas décadas la tipología de vivienda adosada constituye una fracción muy importante y creciente del parque residencial en prácticamente todas las regiones y situaciones climáticas de España, en línea con tendencias similares en la UE. Esta tipología tiene unas características específicas (ratios envolvente-térmica solar/sup. const, zonif. vertical, cubierta y espacio exterior propios, etc.) que centran el objetivo EECN en un catálogo de actuaciones, tanto pasivas como activas, que le son específicas y que no son viables técnica o económicamente en otras tipologías (viv. aislada, colectiva). Se presenta un análisis EECN de esta tipología centrándose en un caso real de rehabilitación energética de un adosado ubicado en núcleo urbano. Se documenta la situación inicial (sist. constructivos y energéticos, consumos reales, etc.), herramientas de simulación aplicadas, actuaciones y envolventes activas, proceso de obra y los resultados finales -datos reales- obtenidos en la consecución de "adosado tipo EECN".

Palabras Claves: Aire solar, BIPVT, Fotovoltaica Térmica, Integración Arquitectónica, Pozo Canadiense, Rehabilitación Energética integral, Ventilación VMC, Vivienda Adosada

UNA TIPOLOGÍA DE EXTENSA IMPLANTACIÓN

Las políticas urbanísticas de las últimas décadas en prácticamente todo el territorio nacional han hecho de la tipología de vivienda adosada un elemento clave conformador del tejido urbano residencial. Baste señalar que durante el periodo 1998-2008 se construyeron en España casi 1 millón de viviendas de este tipo que constituyen un porcentaje cercano al 25 % sobre el total de licencias urbanísticas concedidas en ese periodo (Superficie Artificial y Viviendas Unifamiliares en España, dentro del debate entre Ciudad Compacta y Dispersa. Fernando Moliní y Miguel Salgado. Departamento de Geografía. Universidad Autónoma de Madrid, 2010). A nivel europeo los datos estadísticos atribuyen en España a esta tipología un porcentaje cercano al 25 % sobre el total de viviendas existentes, valor éste muy cercano a la media de la UE-27. Cabe destacar que hay países europeos (p.ej.: Países Bajos, Gran Bretaña e Irlanda), donde la implantación de esta tipología "semi-detached" (adosada o pareada) es mayoritaria con porcentajes superiores al 50% sobre el total del parque edificatorio, superando así a cualquier otra (colectiva y aislada).

CON ALGUNAS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS

Esta tipología presenta una serie de características que le son propias y que desde el punto de vista energético de rehabilitación energética EECN son especialmente relevantes pues posibilitan (y a veces restringen) un catálogo de actuaciones que suelen no ser viables técnica o económicamente en otros tipos. Podemos citar:

- Envolvente térmica y solar, La envolvente térmica exterior de las viviendas adosadas está constituida normalmente por, al menos 3 superficies: dos fachadas con orientaciones opuestas y una cubierta. Ello posibilita que, prácticamente en cualquier implantación, se disponga de dos elementos (una fachada + cubierta) en orientaciones óptimas para captación solar y otra más con ventajas para situaciones de acondicionamiento veraniego. Si lo comparamos con la vivienda colectiva, ésta puede no tener ninguna superficie "solar", o ser ésta muy pequeña en relación al volumen climatizable. Finalmente el resto de la envolvente -las medianeras- son

compartidos con la vivienda colindante lo cual, a diferencia del caso de la vivienda aislada, reduce drásticamente la exposición exterior y consiguientes demandas energéticas. En resumen: esta tipología presenta unos ratios óptimos entre compacidad, envolvente expuesta al exterior, y envolvente captadora solar con óptimas orientaciones.

- Confort: zonificación-estratificación vertical. El desarrollo en vertical de este tipo de vivienda alrededor de una escalera que normalmente enlaza los distintos niveles induce una estratificación de la temperatura que hemos verificado experimentalmente en una media de 1º C por planta – en total 4ºC entre la p. inferior y la superior de la vivienda de la actuación-piloto-afectando notablemente a la uniformidad de las condiciones de confort interior. Ello sugiere la relevancia de adoptar algún sistema que aborde eficazmente este adverso fenómeno.
- Espacio exterior: esta tipología tiene asociada habitualmente de la disponibilidad de un espacio exterior o jardín en propiedad que posibilita la ampliación virtual de la envolvente captadora solar, superando ampliamente a la propiamente térmica del edificio. Ello permite implantar sistemas de aprovechamiento de tipo geotérmico que se suman a los de la superficie captadora solar de la cubierta (también en propiedad) que son normalmente inviables en la rehabilitación de viv. colectiva.
- Restricciones colectivas: En esta tipología las propias comunidades de propietarios (o los mismos propietarios) aplican habitualmente criterios de uniformidad “estética” con el resto de viviendas que restringen, cuando no prohíben expresamente, actuaciones aisladas o de “personalización” de fachadas, acabados, colores, etc. Estos factores dificultan enormemente algunas actuaciones, p.ej.: el aislamiento pasivo con sistemas SATE (aislamiento por el exterior en las fachadas). La cubierta queda habitualmente fuera de estas restricciones -o se le aplican de forma mucho más laxa.

REHABILITACIÓN INTEGRAL PILOTO DE UN ADOSADO URBANO

Se ha efectuado una intervención de rehabilitación energética integral en un adosado urbano de la ciudad de Tres Cantos (Madrid) que es la vivienda-estudio de uno de los autores y del que existen otros 560 prácticamente idénticos en la ciudad. El resumen de sus características básicas es:

<i>Tipología</i>	Vivienda adosada en hilera		
<i>Situación</i>	C/ Neptuno 31 de Tres Cantos (Madrid)		
<i>Zona climática</i>	D3		
<i>Nº plantas</i>	Semisótano + 3		
<i>Sup. const.</i>	274 m ²		
<i>Sup. climatizable</i>	238,7 m ²		
<i>Volumen climatizable</i>	645 m ³		
<i>Ocupación habitual</i>	3 personas		
<i>Actividad</i>	Vivienda habitual + estudio de trabajo		
<i>Sup. captadoras solares</i>	Fachada calle (orientación S con 5º desvío al E.) + cubierta a dos aguas (N-S). Fachada patio: Norte		
<i>Instalaciones existentes</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Calefacción + ACS: caldera única a gas natural por condensación con producción instantánea (sin acumulación) de ACS. Emisores convencionales de chapa de acero. No dispone de válvulas termostáticas. Control por termostato de t. ambiente colocado en p. baja. • Refrigeración: no dispone 		
<i>Consumos energéticos (media 3 últimos años)</i>	Porcentaje s. total (%)	Subtot. Año (Kw.h/año)	Ratio (Kw.h/M ² .año)
ELECTRICIDAD			
Alumbrado	8,0%	1.528	6,4
Electrodomésticos	12,5%	2.395	10,0
Subtotal Elec.	20,5%	3.923	16,4
GAS			
Calefacción	68,5%	13.073	54,8
ACS + cocina	11,0%	2.100	8,8
Subtotal Gas	79,5%	15.173	63,6
TOTALES	100,0%	19.096	80,0

Fuente: Facturas energéticas reales. El desglose porcentual del consumo elect. entre alumbrado y electrodomésticos según estimación (IIDAE)

Figura 1. Características vivienda adosada en hilera.

Tras los trabajos de diseño, cálculos y simulaciones previas efectuadas se realizó un proyecto completo de actuaciones de rehabilitación energética que fue ejecutándose progresivamente entre 2012 y 2013. El objetivo ha sido doble. Por un lado la Rehabilitación integral con mejoras de confort y reducción de los consumos energéticos y de la dependencia de fuentes no renovables. Por otro, disponer de una

plataforma de pruebas, experimentación y desarrollo de materiales, procedimientos, y sistemas aplicables a este campo y en particular a esta tipología de vivienda.

ACTUACIONES PASIVAS

Del conjunto de actuaciones realizadas en este campo cuyo objetivo básico es reducir la demanda energética del edificio, resaltamos las de mayor interés o/y singularidad en relación con los objetivos mencionados.

Envolvente térmica e higrométrica: Insuflado cámaras con guata-celulosa reciclada

Los condicionantes de uniformidad asociados a esta tipología anteriormente mencionados descartaron la actuación tipo SATE (aislamiento exterior) en fachadas. El sistema seleccionado ha sido la insuflación completa de las cámaras de aire (14-15 cm. en fachadas) con guata de celulosa reciclada. Este sistema presenta unas interesantes cualidades:

- Es un aislante térmico y acústico realizado a partir de papel y cartón reciclado que . tratado con sales bóricas (aprox. un 15%), deviene en un material imputrescible con propiedades ignífugas y antifúngicas. Es apto para su uso tanto para obra nueva como rehabilitación y actuando tanto desde el exterior como al interior. Usa como inocuo propulsor el aire a baja presión.
- Dado el importante espesor de las cámaras insufladas (15 cm. en fachadas), este sistema compite ventajosamente en ratio coste/beneficio con la opción SATE (inviabile además por otras razones ya mencionadas) aun sin considerar la reducción inducida en las pérdidas por puentes térmicos dado el gran espesor insuflado.
- A su excelente capacidad aislante (con $\lambda=0.038-0.041$ W/mK, y propiedades como de regulador higrométrico, añade sus excelentes valores de -mínima- energía incorporada y de costes LCC del ciclo de vida completo.

Además de estas actuaciones, la envolvente térmica de los paramentos del garaje fue también mejorada mediante trasdosado e insuflado de cámaras. La cubierta ha sido también objeto de una importante actuación de aislamiento pero dado que está directamente relacionada con su nueva función como envolvente activa generadora de energía se detalla posteriormente en ese apartado.

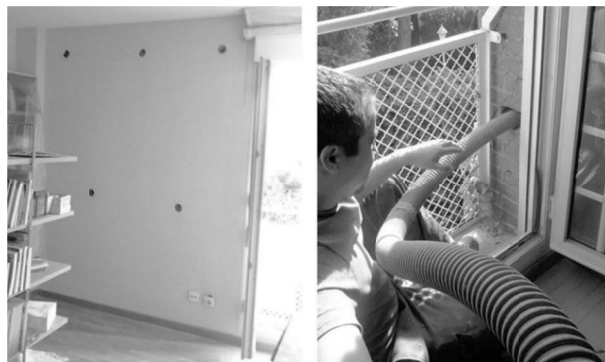


Figura 2. Insuflación de cámaras con guata de celulosa reciclada.

Carpinterías de PVC y vidrios con cámara de argón

Se han sustituido los acristalamientos dobles existentes con otros dobles, bajo emisivos y con cámara de gas inerte argón. Suponen una mejora comparativa de su transmitancia térmica de más de un 100% respecto a los originales y de un 25% sobre los equivalentes con cámara de aire que compensa sobradamente el menor incremento de precio (aprox. 15%). Las carpinterías de PVC han sido conservadas dadas sus -aún hoy- excelentes características térmicas en comparación con otras soluciones metálicas actuales RPT. Esta actuación se complementó con trabajos convencionales de

mejora de la estanqueidad al aire (factor clave éste) sustituyendo cierres y burletes así como reducción de puentes térmicos mediante aislamiento suplementario de cajones de persiana.

ACTUACIONES Y ARQUITECTURA DE LOS NUEVOS SISTEMA DE EERR

Consideraciones previas

En una vivienda adosada la ventilación llega a suponer fácilmente hasta un 30 % de las cargas térmicas globales. La normativa actual resuelve esta necesidad con la -elemental- solución de fijar unas tasas de renovaciones/hora por ocupación o/y tipos de local, método este que se aleja tanto del criterio “prestacional” del CTE como de la deseable “austeridad energética” de un EECN 2. Por otro lado una estrategia clara de consecución del objetivo EECN es que el edificio sea capaz de generar energía renovable para cubrir sus necesidades en el mayor porcentaje posible.

Fluido caloportador: el aire

La actuación aborda todos estos requerimientos con criterios de integración tanto técnica como arquitectónica (Building Integration) que se materializa en un único sistema interconectado de ventilación y envolventes activas generadoras de energía donde el aire es el fluido caloportador seleccionado. Su menor capacidad por unidad de masa (que no la global) -y que obliga a mayores diámetros de conductos- se ve compensada ampliamente por sus ventajas (compárense con la del agua, el otro fluido caloportador habitualmente usado en sistemas de captación solar):

- Es inocuo, no entra en ebullición y tampoco se congela, por lo que no requiere ninguna manipulación especial, sin mezclas ni aditivos de negativo impacto ambiental.
- Los costes directos de instalación, componentes (conductos, ventiladores, etc..) son mucho menos exigentes que para el agua tanto en requerimientos técnicos como de mano de obra especializada,
- En cuanto a los costes de operación, mantenimiento e indirectos, un sistema de aire posee gran “tolerancia a fallos”. En caso de fugas, éstas son fácilmente reparables, y no generan inundaciones ni desperfectos en el edificio, cubiertas u otras instalaciones. Todo ello redonda en menores costes LCC por KWp.
- Para finalizar es, en última instancia, el medio natural coherente con el objetivo final de los sistemas de climatización habituales; que no es otro que climatizar el aire que nos circunda.

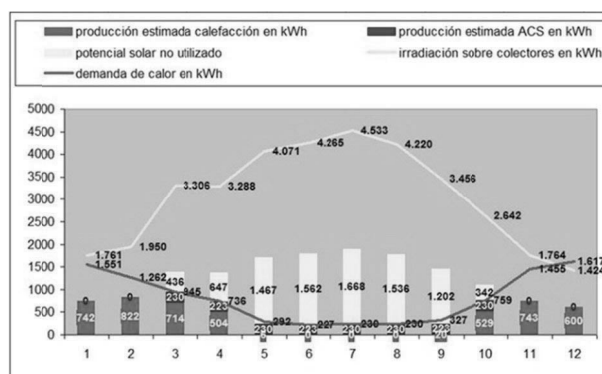


Figura 3. Balance anual energético de los subsistemas de calef. y ACS solar. Fuente: Simulación con herramienta de Grammer-solar y elaboración propia.

La arquitectura del sistema: sistema integrado ventilación y generación energía solar

La arquitectura básica integrada de esta instalación atiende a los siguientes criterios:

- Optimizar así la relación coste/beneficio de la actuación conservando las instalaciones de calefacción y ACS a gas natural que ahora asumen el papel de fuentes de respaldo de los nuevos sistemas de generación energética renovable que se implantan.
- Aprovechar la instalación del sistema de ventilación mecánica que se implanta como infraestructura base (red de conductos, ventiladores y rejillas de impulsión) para el sistema todo-aire de calefacción (y refrescamiento) del ambiente interior mediante un sistema de captación solar por aire, integrado arquitectónicamente en la cubierta, que pasa a ser una envolvente activa multi-energía

Los sistemas integrados son:

- Ventilación mecánica con intercambio entálpico de alta eficiencia. Este sistema sigue las pautas de diseño e implementación habituales para este tipo de instalaciones de doble flujo con intercambio de calor: impulsión de aire fresco a espacios estanciales - salón, dormitorios- y extracción de aire viciado desde aseos, baños y cocina. Esta doble red se cruza en la máquina de intercambio de calor donde el calor del aire saliente es cedido al aire fresco que se introduce. El sistema, a diferencia de los habituales usados en el sector doméstico, es de intercambio entálpico con transferencia de humedad lo que, en un clima relativamente seco como el de Madrid, supone una mejora notable en las condiciones de confort. A su vez gracias a la dotación de filtros G5 y F7 mantiene una excelente calidad y características hipoalergénicas (reducción tasas de polen y contaminantes exteriores). Finalmente señalar dos cualidades añadidas del sistema y muchas veces no descritas suficientemente: a) el suave flujo de aire que el sistema induce en todas las plantas de la vivienda es una eficaz medida contra la estratificación y b) el sistema puede ser configurado para trabajar en ligera sobrepresión que redundaría en una reducción de las pérdidas térmicas por infiltración. La tasa de ventilación de 0,8 renovaciones/hora se ha demostrado más que suficiente para la calidad del aire interior y percepción de confort de los ocupantes, haciendo que en la práctica cotidiana se hayan programado valores notablemente inferiores.
- Atemperación del aire exterior por intercambio geotérmico. Un banco de tubos enterrados en el jardín a una profundidad de 1,80-2,0 m. atemperan el aire exterior que circula por ellos hacia la máquina de VMC, por intercambio geotérmico con el terreno. Este sistema es conocido como pozos canadienses o provenzales. Su efecto es asimilable a un “imán térmico” que tiende a aplanar las T. de entrada del aire fresco hacia la T. media anual del terreno (15°C en Madrid), calentándolo en invierno y enfriándolo en verano, siendo neutro su efecto en días intermedios de T. exterior similar a la del terreno. Dada la longitud máxima del jardín (8 m.) los cálculos efectuados aconsejaron disponer de un banco de 6 tubos de Ø100 mm. para garantizar una baja velocidad del aire en los conductos para un intercambio térmico eficaz aire-terreno. La ganancia de energía anual predicha para este sistema es de 1.138 Kwh/año y aunque estrictamente solo afectaría a la carga energética por ventilación, supone un 8,7 % del consumo total anual en calefacción de la vivienda. El programa GAEA usado no efectúa predicción para la capacidad refrescante del sistema
- Cubierta-envolvente activa solar e integrada arquitectónicamente para multi-generación energética simultánea (calefacción + ACS + electricidad). Se aplican unas soluciones constructivas base similares en ambos faldones para disponer una capa aislante de 10 cm. de aislante PIR aluminizado y donde el faldón norte recupera su acabado original con teja plana reaprovechada.

El faldón sur es conformado en toda su extensión con criterios de integración arquitectónica (Building integration) - respetando la pendiente y conformación original-, como un colector solar por aire caliente que integra 3 subsistemas de generación simultánea de energía:

- Aire para calefacción. El aire impulsado por el sistema de ventilación VMC puede ser desviado por el sistema de control actuando sobre compuertas reguladoras hacia ésta cubierta-colector solar donde es calentado para, tras un filtrado final F7, ser impulsado al interior de la vivienda usando para ello la misma red de distribución de la ventilación VMC.
- Generación de ACS. Mediante un intercambiador aire-agua y ventilador ubicados en cubrera de cubierta se surte de agua caliente a un circuito con depósito de almacenamiento ACS de 300 l. La salida del depósito esta interconectada con la instalación existente mediante un “by-pass” termoregulado de forma que la caldera de gas existente solo se activa para post-calentar el ACS cuando su T. en el depósito es inferior a 45 °C.
- Electricidad para autoconsumo. La parte superior del faldón integra 4 paneles fotovoltaicos ($W_p = 1 \text{ Kw}$) que sustituyen a la cubierta de policarbonato del resto de la cubierta solar con criterios de tecnología FV+T (fotovoltaica + térmica). La predicción con PVGIS de producción anual de 1.380 Kw.h y su finalidad inicial es el autoconsumo para cubrir casi estrictamente los reducidos consumos añadidos a la vivienda por los nuevos sistemas (maquina VMC, ventiladores aire y ACS, bomba recirculación y sistema de control). Dado que la generación eléctrica coincide prácticamente con la propia demanda (al ser ambas producto de la fuente de energía solar que comparten) no se justifica la necesidad de ningún tipo de almacenamiento.

SISTEMA DE MONITORIZACIÓN, REGULACIÓN Y CONTROL

La vivienda ha sido dotada de un sistema de regulación, control y monitorización continua (accesible desde Internet) que, por un lado, permite efectuar un seguimiento continuado de las parámetros de confort y ambientales tanto exteriores como interiores, y por otro, regular y controlar todo los subsistemas de generación de energía, (ventiladores, compuertas de aire, etc.) y programar las prioridades de estos subsistemas en relación a los existentes. Los parámetros y dispositivos controlados son; Irradiancia solar (w/m^2); 16 sondas de T. exterior e interior, circuito y deposito ACS, cubierta solar, paneles FV y otros puntos relevantes de los sistemas; y Actuadores: 3 ventiladores de velocidad variable, 5 compuertas motorizadas en conductos de aire, 1 electroválvula, 1 relé para la VMC. Estos parámetros son evidentemente muchos más de los necesarios para una operativa cotidiana del sistema pues su fin es tener una visión fiable del funcionamiento de todos los componentes y subsistemas que permita probar distintas configuraciones, extraer conclusiones, y así poder abordar futuras mejoras tal y como se describen al final.

CONCLUSIONES, RESULTADOS Y ACCIONES FUTURAS

Las obras descritas se han ejecutado en varias fases entre 2012 y 2013 y los nuevos sistemas de generación energética entraron gradualmente en funcionamiento entre agosto y septiembre de 2013. Por ello aún no se ha cerrado un ciclo anual completo en condiciones habituales de uso pero, en relación a los objetivos iniciales, avanzamos: (1) Reducción de consumos de gas calefacción en el periodo sept-diciembre 2013 del 67 % respecto al año anterior. Tras haber transcurrido algo más de este primer periodo invernal (peculiarmente escaso en Irradiancia solar) la previsión es que la reducción sea de, al menos, un 50 % anual. (2) En cuanto al segundo objetivo, la actuación cumple sobradamente las expectativas constituyéndose en una excelente plataforma de i+d energético para, test y mejora continua de conceptos y sistemas de ahorro aplicables a esta tipología de vivienda adosada en la consecución de los objetivos EECN. (3) La integración de sistemas de generación de energía realizada en la cubierta BI se ha revelado como una solución prometedora y flexible que, gracias a las conclusiones extraídas de su continua monitorización y soluciones constructivas versátiles (FV+T), permite plantearse, con mínimas obras, unas acciones de mejora en sus prestaciones y objetivos energéticos más ambiciosos.

CÓMO REALIZAR UNA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA INTEGRAL DE UN EDIFICIO PARA CONSEGUIR QUE SU CONSUMO DE ENERGÍAS SEA CASI NULO. PREI

Jose Carlos Greciano, Secretario Gral / Gestor Proyectos, Anerr / Ingeniaie

Resumen: El estudio del abanico de posibles actuaciones a aplicar para mejorar la eficiencia de los edificios existentes mediante medidas pasivas y activas. Las actuaciones en la envolvente, en las instalaciones térmicas, la incorporación de domótica y automatización, el uso de energías renovables y las otras actuaciones de mejora medioambiental. El Proyecto PREI Piloto de Rehabilitación Energética Integral en un edificio residencial de Madrid. Ejemplo de cómo pasar de un edificio certificado energéticamente como clase G a conseguir convertirlo en A. Las fases para conseguirlo: La auditoría energética, la ejecución de las actuaciones y la monitorización para la obtención de resultados.

Palabras Claves: Edificio Viviendas, Edificios Consumo Casi Nulo, Energética, Integral, Rehabilitación, Residencial

INTRODUCCIÓN

Los objetivos de este proyecto piloto son poner en práctica y conocer cuál es el límite en la eficiencia energética al que se puede aspirar en una rehabilitación integral de un edificio existente, evaluar la viabilidad económica de las actuaciones y desarrollar un método de evaluación y cuantificación de la calidad de la rehabilitación tanto en la planificación, ejecución, comprobación de reducción del consumo y aumento del confort de los usuarios. Todo ello de forma real no sólo teórica.

Se trata de una actuación integral en un edificio existente cuyo objetivo es una reducción drástica de consumo. En ella, se han afrontado todos los aspectos susceptibles de mejora para la obtención de un edificio con un consumo de energía casi nulo partiendo de un edificio existente en una situación técnica muy desfavorable.

El enfoque de estas actuaciones debería ser integral, teniendo en cuenta el edificio como un conjunto en el que se tienen que tener en cuenta tanto las necesidades a nivel arquitectónico y de envolvente como en las instalaciones, tanto existentes como las que puede ser necesario integrar.

Los proyectos de edificios piloto demostrativos son un paso más allá de los de investigación, añadiéndose a las características de monitorización y comprobación de lo estimado previamente con lo realmente producido, una base de utilización de soluciones ya contrastadas por el mercado y fácilmente implantables en una gran mayoría de edificios.



Figura 1. Logotipo Proyecto PREI.

EL PROYECTO



Figura 2. Representación del edificio donde se actúa con PREI.

Edificio de viviendas en bloque. Ubicado en Madrid, barrio de Fuencarral, en la calle Doctor Juan Bravo número 19.



Figura 3. El edificio antes de las actuaciones y el edificio después de las actuaciones.

A partir de un edificio típico de los años 60 construido en las ciudades, en este caso Madrid (zona climática D3 IV).

Se trata de un edificio con planta baja de uso comercial dedicada actualmente a taller de vehículos, dos plantas de vivienda y planta de cubierta transitable accesible. Con dos fachadas orientadas a Norte y Oeste.

La tipología edificatoria contaba con cerramiento sin ningún tipo de aislamiento ni elemento que haga esta función o proporcione a la envolvente además de cerramiento y defensa física un aislamiento y defensa térmica. No se tuvo en cuenta de ninguna forma en su construcción y diseño.

Dotado de instalaciones de climatización y refrigeración, no existentes en el edificio en su construcción, se le han añadido con posterioridad. Las instalaciones carecían de sistema de control y disponían de funcionamiento de encendido y apagado.

Tipología de vivienda muy extendida lo que permite ser una prueba piloto muy representativa. La combinación en el edificio del uso residencial en plantas altas con el comercial en baja permite chequear también sistemas complementarios no tan aptos para viviendas y sí para otros usos.

FASE PREVIA. AUDITORÍA ENERGÉTICA

Ha permitido conocer la situación del edificio respecto a su uso de la energía y su coste asociado e identificar y caracterizar los factores que afectan al consumo de energía para disminuirlos. Para ello se ha realizado:

- Curva de Carga del Edificio. Mediante el análisis de suministros energéticos y contratos, evolución del consumo, coste de las facturas, potencia de los equipos consumidores y análisis del perfil de uso de los usuarios.
- Análisis de las Instalaciones. La identificación de los equipos por cantidad de consumo de energía e hidráulico.
- Inspección Termografía y Test Blowerdoor.
- Monitorización de consumos y de condiciones térmicas.
- Medición de caudales hidráulicos.
- Medición de condiciones de funcionamiento y rendimiento de instalaciones.
- Uso de herramientas de pre-estudio y estimación de ahorros previstos y modelización.
- Calificación energética del edificio.
- Contabilidad y balance Energético. Qué se consume, cuánto se consume y dónde se consume.



Figura 4. Imagen termográfica del edificio.

Tras ello se han elegido y definido de las soluciones y actuaciones más adecuadas para reducir el consumo y mejorar el confort.

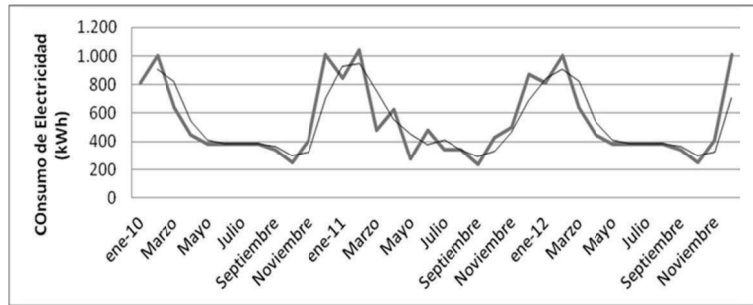


Figura 5. Gráfica de consumos.

MONITORIZACIÓN

Gracias a la monitorización, se va a disponer de datos que permitan conocer los efectos de las actuaciones.

Analizaremos este proyecto desde dos puntos de vista, Balance Energético y Condiciones de Confort, se estudiarán estos dos aspectos tanto en el Edificio Previo como en el Edificio Rehabilitado.

El Balance Energético del Edificio se obtendrá mediante el trabajo conjunto de las herramientas de monitorización de consumo de energía y los históricos de facturas de consumo de eléctrico y gas. Y las Condiciones de Confort mediante diferentes herramientas de monitorización obteniendo datos de temperaturas, calidad del aire, radiación, etc. Esto permitirá poder comparar tanto el balance como comparar los casos de estudio con todos sus parámetros entre las situaciones de previo y rehabilitado.



Figura 6. Pantalla de visualización de parámetros monitorizados.

CERTIFICACIÓN MEDIOAMBIENTAL

Se ha realizado la evaluación del edificio conforme con la metodología de evaluación VERDE

La Certificación VERDE reconoce la reducción de impacto medioambiental del edificio que se evalúa.

FASE DE EJECUCIÓN (ACTUACIONES REALIZADAS)

Hay dos ámbitos esenciales para que esta rehabilitación energética sea integral, y es actuar sobre las medidas activas y sobre las medidas pasivas. Considerando medidas pasivas las que actúan sobre la envolvente del edificio (cerramientos, ventanas, cubiertas, etc.) y las activas sobre las instalaciones (electricidad, climatización, domótica, instalaciones de control, agua, etc.).

Envolvente: se han realizado los trabajos de aislamiento en las fachadas con sistemas Sate, fachada ventilada y trasdosado en diferentes zonas del edificio. Se han ocultado las instalaciones existentes y nuevas montantes bajo canaletas por fachada.

Se han aislado tanto el primer forjado como la cubierta, la cual además se ha impermeabilizado.

En los huecos de fachada: se ha realizado el cambio de ventanas y puertas de balcones, y el cambio de acristalamiento y con éstas se ha mejorado la estanqueidad y se han reducido las infiltraciones mediante el uso de bandas y sellantes entre las carpinterías y la fachada. También se han colocado elementos de protección solar mediante toldos y persianas.

Instalaciones Térmicas: se han optado por diferentes sistemas en las viviendas para poder mostrar las diferentes opciones que existen en el mercado, utilizándose Caldera de Condensación con radiadores de baja temperatura, bomba aerotérmica y suelo radiante así como techo radiante y bombas de calor. Se ha dotado también a las viviendas de ventilación con recuperación de calor automatizada.

Instalaciones eléctricas: se ha realizado el cambio completo de la instalación general, de protección mando y maniobra, centralización de contadores, renovación de instalaciones generales y cuadros de protección y canalizaciones. En iluminación se ha dotado de regulación, detección de presencia y bajo consumo.

Instalaciones hidráulicas: Mejora de la eficiencia y reducción de consumo mejorando los equipos existentes y mediante cambio de aparatos sanitarios.

Instalación domótica: se ha realizado el Control y zonificación de climatización, control iluminación, automatización, monitorización y medición de consumos y condiciones de confort. En telecomunicaciones se ha dotado de Fibra óptica, Sonido, Videoportero y nueva instalación de captación de TV .

Energías renovables: se han colocado tubos de luz para aprovechar la iluminación natural, placas solares fotovoltaicas para autogeneración eléctrica y placas para solar térmica. Se ha dotado al taller de punto de carga para coche eléctrico.

Otras actuaciones: renovación de acabados. Revestimientos cerámicos, microcemento, solados cerámicos, madera, materiales compuestos, pintura, papel pintado, antigrafiti. Reutilización de cerrajerías. Cambio de carpinterías.



Figura 7. Fotografías de algunas de las actuaciones.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos a la finalización de la ejecución teniendo en cuenta todas las actuaciones finalmente realizadas son:

- Reducción de los consumos mayor al 80% respecto de la situación previa del edificio.
- Una calificación energética de A partiendo de un edificio con una calificación inicial de G, la peor de las posibles.
- Un edificio de Consumo de Energía Casi Nulo.
- La certificación medioambiental bajo el estándar VERDE obteniendo 3 hojas (calificación provisional).
- Un incremento del valor patrimonial del edificio del 20%.



Figura 8. Gráficos, sellos y certificados obtenidos.

CONCLUSIONES

Se hace patente con este estudio y la ejecución de este proyecto que es viable la realización de rehabilitaciones con objetivos de mejora energética que consigan edificios de consumo de energía casi nulo.

RECONOCIMIENTOS

Se pueden consultar todos los agentes que han participado en este proyecto en la página web de ANERR.

EDIFICIOS DE ECN MEDIANTE EL SISTEMA COMBINADO DE INYECCIÓN EN CÁMARA Y SOLUCIÓN DE PUENTES TÉRMICOS. DEMOSTRADOR A ESCALA REAL: EDIFICIO DE VIVIENDAS

Belén Hernández, Investigadora, UPM

Sergio Rodríguez, Investigador, UPM

Elda Delgado, Investigadora, UPM

Cristóbal Contreras, Investigador, UPM

Sergio Vega, Profesor titular de la Universidad, UPM

Ana Pallarés, Saint Gobain ISOVER

Resumen: La mejora de la envolvente del edificio mediante inyección de aislamiento térmico en cámara de aire es una opción de rehabilitación energética económicamente viable, sin pérdida de superficie útil, con poca incidencia en el aspecto exterior y mínima molestia al usuario. Pero para aproximarse a los Edificios de Energía Casi Nula conviene combinarlo con la resolución de puentes térmicos. Se proponen dos soluciones de intervención, desde el exterior y el interior del cerramiento, mediante paneles ligeros industrializados capaces de corregir el comportamiento en estos puntos. Se ha realizado una intervención de inyección en un demostrador en Madrid, que está siendo monitorizado como parte de la investigación del sistema de inyección y su repercusión sobre los puentes térmicos. Como segunda fase de la intervención se plantea la implementación de los sistemas de paneles.

Palabras Claves: Combinación de Sistemas, Inyección de Aislamiento, Puentes Térmicos, Rehabilitación Energética, Solución Exterior

INTRODUCCIÓN

Los objetivos marcados por “Estrategia Europa 2020” y, más específicamente para el caso del rendimiento de edificios, la Directiva 2010/31/UE centran el desarrollo del mercado de la construcción en el campo de la rehabilitación energética de los edificios. En el caso particular de España, el parque residencial edificado actual se compone de un total aproximado de 25 millones de viviendas con características variables, pero que coinciden en la insuficiencia de medidas de ahorro energético.

Ante dichas políticas surge el proyecto SIREIN+ (Sistema Integral de Rehabilitación Energética): una propuesta de rehabilitación energética eficiente y competitiva aplicable al mayor número de edificios posible mediante el diseño de un número reducido de elementos constructivos industrializados dirigidos a obtener el grado óptimo de mejora en eficiencia energética al mínimo coste, con unas condiciones de financiación atractivas para el usuario, promotor o propietario final.

Actualmente, están siendo desarrollados otros proyectos de investigación europeos que comparten algunos de los objetivos del proyecto objeto de esta publicación. Entre ellos, cabe destacar los siguientes: la propuesta de BRITAINPuBs(1) tiene como objetivo fomentar la entrada en el mercado de soluciones de rehabilitación energética que sean innovadoras y eficientes con el fin de mejorar la eficiencia energética e implementar las energías renovables con costes adicionales moderados. Por su parte, MeeFS (2) investiga a cerca de sistemas de fachada modular y eficiente energéticamente.

En relación a artículos científicos publicados, se encuentra la publicación de Giuliano Dall’O et al (3) cuya metodología de evaluación del potencial de ahorro energético de la rehabilitación de los edificios de viviendas se centra en una intervención de la envolvente completa de edificio residencial. Establecen como prioritarias opciones como el cambio de ventanas, aumentar el aislamiento por el exterior tanto de la fachada como en cubierta y mejorar el sellado de las zonas críticas para reducir las infiltraciones. Por su parte, Yu Huang et al (4) exponen la conveniencia de instalar elementos de sombreado

exterior que bloqueen la entrada de radiación solar que genera un aumento de la temperatura interior, reduciendo, así, considerablemente las cargas de refrigeración.

PROYECTO

El proyecto SIREIN+ propone, por tanto, el desarrollo de sistemas de rehabilitación energética combinados en edificación, que aúnen la viabilidad técnica, basada en soluciones técnicas existentes e innovadoras tanto para la envolvente completa del edificio como para el sistema de instalaciones eficientes.

Se pretende así posibilitar la rehabilitación energética abordada desde un punto de vista integrador de todos los factores, creando sistemas y combinaciones de sistemas globales válidos para un mercado emergente, que aporte beneficios tanto a los industriales involucrados, como al conjunto de la sociedad.

Se establecen diferentes líneas de investigación especializadas en cada uno de los elementos influyentes en la demanda energética. Se han desarrollado, así, prototipos de sistemas de rehabilitación eficiente para envolvente opaca, tanto por el exterior como por el interior, envolvente acristalada, cubierta y sistemas de instalaciones de calefacción, refrigeración e iluminación eficientes. Transversal a todas ellas, se realiza una línea económica que, además de evaluar la viabilidad económica de cada solución estudiada, busca nuevas propuestas de gestión que incentiven la rehabilitación energética.

En este punto y como objeto de esta ponencia, se propone la combinación del proceso de rehabilitación energética de inyectar aislamiento en la cámara de aire entre las dos hojas del cerramiento con una solución de paneles exteriores o interiores que resuelvan los puentes térmicos estructurales que la primera acción no solventa.

METODOLOGÍA

La **metodología general** llevada a cabo en el proyecto está basada en el Principio de Pareto, también conocido como la “regla del 80/20”. Éste defiende que el 20% de las causas genera el 80% de los efectos. Se puede decir entonces que dicho Principio defiende la efectividad de los métodos.

Tras una primera anualidad centrada en el estudio de las características predominantes del parque residencial edificado y una segunda en la que se para cada uno de las (envolvente opaca, acristalada, cubierta y sistemas de instalaciones).

El proyecto se estructura en diferentes líneas de investigación que desarrollan prototipos individualizados para envolvente opaca, acristalada, cubierta y sistemas de instalaciones. La metodología seguida en todas ellas ha sido común. Se ha realizado una primera fase teórica de diseño de prototipos y estudio del comportamiento térmico mediante simulaciones en programas informáticos que analizan flujo de calor y obtienen valores de demanda generados en un edificio tipo. Con dichos resultados, se ha diseñado el prototipo avanzado para ser construido y monitorizado.

El proyecto se encuentra en su tercera etapa basada en la **combinación de soluciones tipológicas** con un objetivo doble: aproximarse a los parámetros definitorios de los Edificios de Consumo de Energía Casi Nula y potenciar una intervención gradual y asumible por los propietarios.

Se establecen cuatro ramas combinadas de intervención:

- Solución optimizada de elemento acristalado con panel industrializado ligero para envolvente opaca.
- Solución optimizada de elemento acristalado con sistemas eficientes de iluminación, control solar y ventilación natural.
- Sistemas de recuperadores de calor combinado con instalaciones térmicas eficientes.
- Solución de inyección de aislamiento en cámara de aire con solución de puentes térmicos.

En concreto, la presente ponencia se va a centrar en dicha última opción. En los casos en los que no sea posible actuar en el exterior de la fachada completa, se plantea la combinación de inyectar aislamiento en la cámara de aire y solventar los puentes térmicos de fachada generados por la estructura (cantos de forjado y pilares) ya sea por el exterior o por el interior.

Con el fin de analizar y comparar todas ellas, se estudian implantadas en un edificio tipo. Dicho prototipo corresponde a un edificio de viviendas perteneciente al Área de Rehabilitación Integral del barrio de Ciudad de los Ángeles, Madrid. Fue construido en los años 60, de ocho alturas con dos viviendas por planta y representa a la tipología edificatoria más susceptible a ser rehabilitada tanto por sus características constructivas como por el perfil socioeconómico de los propietarios pertenecientes a un barrio obrero de recursos económicos limitados.

RESULTADOS

Se ha estudiado en profundidad el proceso de rehabilitación de inyección en cámara ya que es una técnica relativamente sencilla y cerca del 80% de los edificios residenciales son susceptibles de emplear la cámara de aire como estrategia de mejora del comportamiento térmico de la fachada mediante la introducción, complementación o sustitución de aislamiento térmico de baja calidad.

Además, es económicamente viable gracias a su coste moderado y no supone una pérdida de superficie útil al aprovechar una cavidad existente en el cerramiento. Por otro lado, presenta poca incidencia en el aspecto exterior del edificio al ser aplicada en la mayoría de los casos desde el interior de las viviendas. La flexibilidad del sistema de aplicación tanto exterior como interior, unido a su rapidez y limpieza de ejecución, minimiza las molestias al usuario.

Tras un estudio de los diferentes materiales aislantes más usados, se elige realizar el análisis del sistema con lana mineral, en concreto de vidrio, debido a su triple aporte: térmico, acústico y protección a fuego (5).

En primer lugar, se ha analizado cómo afecta al flujo de calor a través del cerramiento mediante simulaciones energéticas con el programa Antherm para las condiciones de invierno. Con ello se estudia cómo la baja conductividad del aislamiento inyectado frena el flujo de calor interior hacia la hoja exterior, lo que conlleva un aumento de la temperatura superficial interior eliminando el efecto de “pared fría” que afecta a la sensación térmica del espacio.

La reducción del valor de la transmitancia conseguida tras la inyección se traduce a nivel energético en una reducción de la demanda global del edificio, se ha usado el programa DesignBuilder para simular los supuestos.

Los parámetros empleados en los cálculos son los siguientes:

- Cámara de aire: $R=0,18 \text{ m}^2\text{K/W}$; $e=60\text{mm}$.
- Inyección de aislamiento: lana de vidrio, $\lambda=0,034 \text{ W/mK}$; $e=60\text{mm}$

La Figura 1 representa los valores de demanda anual esperados para una vivienda en el edificio tipo con cerramiento exterior con cámara de aire y tras realizar la inyección de aislamiento. En ella se observa que el aporte del aislamiento reduce la demanda anual alrededor de un 25%.

Demanda anual [kWh]		Reducción [%]
Cámara de aire	Inyección	
8.725	6.634	23,97

Figura 1. Reducción de demanda anual gracias a la inyección de cámara.

Sin embargo, la solución de inyección no resuelve el problema generado en los puentes térmicos debido a la discontinuidad en la cámara. Por esa razón, se plantea su combinación con los nuevos productos propuestos para canto de forjado y pilares ya sea desde el exterior (paneles ligeros industrializados) o desde el interior (trasdosado directo de mínimo espesor).

Los sistemas propuestos permiten las siguientes combinaciones de soluciones:

1. Inyección + pilares por el exterior [S1].
2. Inyección + pilares por el interior [S2].
3. Inyección + canto de forjado por el exterior [S3].
4. Inyección + canto de forjado + pilar por el exterior [S4].
5. Inyección + canto de forjado + pilar por el interior [S5].

En ellas, las propiedades físicas básicas del aislamiento empleado en los sistemas son los siguientes:

- Solución de puentes térmicos por el exterior: lana de roca, $\lambda=0,032$ W/mK; $e=60$ mm.
- Solución de puentes térmicos por el interior: lana de arena, $\lambda=0,032$ W/mK; $e=25$ mm.

De forma análoga al caso anterior, se han realizado estudios teóricos de los sistemas combinados obteniendo las demandas energéticas de su implantación así como las reducciones que cada uno de ellos proporciona respecto al caso inicial de cámara de aire vacía. La Figura 2 muestra dichos resultados.

	Inyección	S1	S2	S3	S4	S5
Demanda anual [kWh]	6.634	6.179	6.257	6.165	5.763	5.847
Reducción de demanda [%]	23,97	29,18	28,28	29,34	33,94	32,98

Figura 2. Reducción de demanda anual con la combinación de sistemas.

Si se observa la Gráfica 1 se aprecia cómo la mayor eficiencia se consigue con el sistema combinado correspondiente a inyección de aislamiento y solución de ambos puentes térmicos por el exterior [S4] que alcanza una reducción ligeramente inferior al 35% de la demanda inicial. En el caso opuesto se encuentra la suma de inyección con la solución única del trasdosado interior con un 28% [S2].

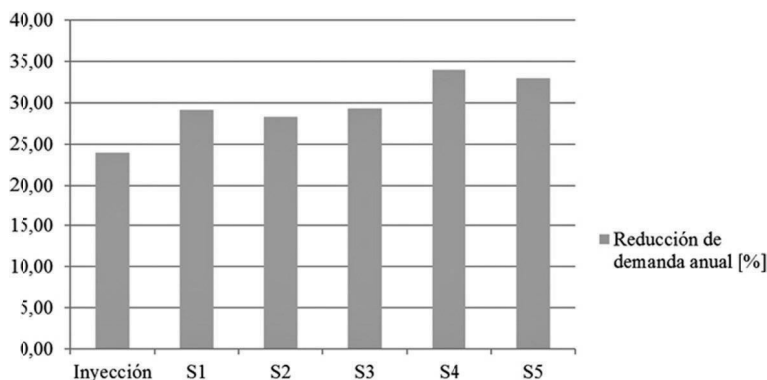


Figura 3: Reducción de demanda anual generada con la combinación de sistemas.

Las combinaciones restantes proporcionan beneficios intermedios mejorando los resultados de la inyección con valores aproximados de 5,2, 5,4 y 9% gracias a la solución de pilares por el exterior, canto de forjado por el exterior y la suma de canto de forjado y pilares por el interior respectivamente.

La inyección en cámara, por otro lado, presenta una serie de consideraciones previas a su ejecución a tener en cuenta. Como comprobación se han realizado estudios para descartar posibles condensaciones, siguiendo las instrucciones del DA DB-HE / 2(6). Del mismo se concluye que el riesgo de condensaciones superficiales es descartado y las condensaciones intersticiales producidas por las modificaciones realizadas en la envolvente para el caso de estudio, mencionado en el apartado anterior, son inferiores a la evaporación producida en el cerramiento.

El demostrador, situado en Ciudad de los Ángeles, se ha empleado para comprobar la eficacia tanto de la técnica de aplicación como de los resultados teóricos esperados. En plan de experimentación

corresponde a la inyección en una primera fase de todo el edificio excepto una vivienda empleada como testigo de referencia para aislar, en una segunda fase, dicha vivienda restante una vez finalizado el periodo de medición. Por todo ello, se ha documentado el proceso de mejora y, actualmente, se está realizando la monitorización de ciertos parámetros de confort interior y el seguimiento de los contadores de gas natural.

De esta forma, además, se espera poder contrastar y validar los resultados obtenidos informáticamente.

CONCLUSIONES

A lo largo del presente estudio se ha analizado los beneficios proporcionados por la combinación de dos técnicas empleadas comúnmente en rehabilitación energética de edificios: inyección de aislamiento en cámara de aire y colocación de una nueva capa aislamiento ya sea por el exterior o por el interior del cerramiento.

Los cálculos de demandas realizados para el caso de una vivienda perteneciente a un edificio tipo de los años 60 con una cámara de aire inicial de 60[SRT1] mm de espesor, muestran que, tras la inyección de aislamiento a base de lana mineral, la demanda anual puede llegar a reducirse en torno a un 25 % para las condiciones climatológicas de Madrid.

Además, se plantea su combinatoria con la mejora de los puentes térmicos, ya que no se ven afectados por la primera solución, a través de dos prototipos compuestos por paneles ligeros industrializados que aportan aislamiento exterior o interiormente.

Con ello, la reducción de demanda inicial vería aumentado su beneficio incluso hasta un 35% si se implementan los prototipos exteriores. Si, debido a condiciones particulares de un edificio específico, no se pudieran emplear soluciones por el exterior, los trasdosados también contribuirían con unas reducciones de valores cercanos al 30%.

RECONOCIMIENTOS

La Información que se expone en el presente artículo es fruto de los trabajos de investigación realizados por las entidades Saint Gobain Cristalería (ISOVER), Universidad Politécnica de Madrid (Grupo TISE), Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid, Profine Iberia (Kömmerling), Fernández Molina, Tecnalía y R7 Consultores en el marco del Proyecto SIREIN+, subprograma INNPACTO, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) y Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Dichos resultados son, pues, propiedad exclusiva de las entidades que generaron dicha información en el ámbito del Proyecto SIREIN+.

REFERENCIAS

<http://www.brita-in-pubs.eu>

<http://www.meeefs-retrofitting.eu>

Giuliano Dall'O et al. (2012). A methodology for evaluating the potential energy savings of retrofitting residential building stocks. *Sustainable Cities and Society* 4 (2012): 12-21, doi: 10.1016/j.scs.2012.01.004.

Yu Huang et al. (2011). Energy and carbon emission payback analysis for energy-efficient retrofitting in buildings-Overhang shading option. *Energy and Buildings* 44 (2012): 94-103, doi: 10.1016/j.enbuild.2011.10.027.

ISOVER. "La Guía Isover, Soluciones de Aislamiento", pág. 6

DA DB-HE / 2. Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos. Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación (BOE 8/11/2013).

ANÁLISIS DE LA ESTANQUEIDAD AL AIRE EN LA CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS DE VIVIENDAS

Alberto Jiménez Tiberio, Ingeniero de Edificación en I+D, ACR Grupo
Pablo Emilio Branchi, Director del departamento de I+D, ACR Grupo

Resumen: Reducir el nivel de infiltraciones de aire en los edificios de viviendas es fundamental para construir edificios de energía casi nula (EECN). Mediante el ensayo normalizado "Blower door" (UNE EN 13829) se obtiene la tasa de infiltración n50 (renovaciones/ hora a 50 Pa). Parámetro de los edificios no regulado actualmente en España, a diferencia del resto de países europeos que exigen la realización del ensayo para certificar el nivel de estanqueidad. En este estudio se presentan los resultados de una serie de ensayos en viviendas combinados con termografía infrarroja, intentando demostrar cómo puede mejorarse en estos aspectos y con el objeto final de construir y rehabilitar edificios con un enfoque de Consumo casi Nulo.

Palabras Claves: Blower door test, Estanqueidad al aire, Infiltraciones, Rehabilitación energética, Termografía infrarroja

INTRODUCCIÓN

Según la directiva europea 31/2010 en el año 2020 todos los edificios construidos deberán ser Edificios de Energía Casi Nula (EECN). Por el momento no se han regulado en España los requisitos que deberán cumplir los edificios para ser EECN. Sin embargo, desde el Departamento de I+D+i de ACR Grupo se han dado pasos en este camino hacia las construcciones más eficientes, realizando varios estudios para determinar los factores que más influyen en la demanda energética. Una de las cuestiones más importantes es garantizar la estanqueidad al aire de los edificios, limitando las infiltraciones no deseadas. Conflicto existente en los edificios que, sin embargo, es desconocido por muchos y todavía no se encuentra regulado en la normativa estatal.

En los últimos años se han realizado varios estudios sobre este tema, la mayoría de ellos proceden de universidades europeas o americanas. Por ejemplo, durante el verano de 2005, se realizaron 20 ensayos de infiltraciones en viviendas unifamiliares en Attica, Grecia por la Universidad de Atenas (A. Sfakianaki, Air tightness measurements of residential houses in Athens, Greece, Building and Environment Vol 43, Issue 4) y la media de renovaciones de aire a la hora a 50 Pascales de presión fue de 7 renovaciones. En otros países el número de edificios analizados fue mayor, por ejemplo en Estados Unidos se analizaron más de 70.000 viviendas por la Universidad de California (Wanyu R. Chan, Analyzing a database of residential air leakage in the United States. Atmospheric Environment, Volume 39, Issue 19,).

La importancia de este tema ha sido demostrada en varios estudios, uno de ellos realizado por la Universidad de Helsinki, cuyo autor Juha Jokisalo afirma que las infiltraciones de aire no deseadas provocan en torno al 15-30% del consumo de calefacción en las viviendas unifamiliares finlandesas (Juha Jokisalo, Building leakage, infiltration, and energy performance analyses for Finnish detached houses, Building and environment, Volume 44, Issue 2). Así lo recoge la normativa de la mayoría de países europeos, que ya regulan el nivel de infiltración de los edificios. Una investigación de la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica, revisa la normativa de 14 países europeos en cuanto a sus límites de estanqueidad (OSSIO, F; DE HERDE, A y VEAS, L. Exigencias europeas para infiltraciones de aire: Lecciones para Chile. Revista de la Construcción [online]. 2012, vol.11, n.1).

Sin embargo, apenas se conocen estudios de aplicación del sistema a la rehabilitación. Por ello, desde el departamento de I+D+i de ACR Grupo y tras haber realizado más de 150 ensayos de infiltraciones en edificios nuevos, se ha desarrollado el presente estudio, que pretende definir el sistema y mostrar las

ventajas que supone el análisis del nivel de infiltraciones de los edificios durante el proceso de rehabilitación energética.

ESTUDIO REALIZADO

REGULACIÓN ACTUAL

El método más utilizado a nivel mundial para analizar y controlar el nivel de infiltraciones de un edificio, es el de presurización por medio de ventilador, más conocido como el ensayo “Blower door test” cuya ejecución se regula mediante la norma UNE-EN 13829. Al finalizar el ensayo se obtiene la tasa de infiltración del edificio o n50, renovaciones/hora a 50 Pa de presión, dato que se utiliza para evaluar y comparar la estanqueidad de la vivienda analizada.

En España no existe normativa de obligado cumplimiento respecto a nivel de estanqueidad de los edificios de viviendas. En la última actualización del Código Técnico de Edificación (CTE) en su Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) de 2013, se indica que para calcular la demanda energética de los edificios se deberán considerar las pérdidas por ventilación e infiltraciones no deseadas, pero no se establece ningún límite.

No obstante, en el manual de referencia de Calener GT (Manual de referencia Calener Gran Terciario, pag. 102), programa acreditado para la calificación energética de edificios, se hace referencia al standard prEN 13790:1999 donde se definen los siguientes niveles de estanqueidad en función del tipo de edificio, en renovaciones a la hora a 50 Pa de presión o ACH50.

Nivel de Estanqueidad	Viviendas Unifamiliares	Viviendas Plurifamiliares
Alto	< 4	< 2
Medio	4 - 10	2 - 5
Bajo	> 10	> 5

Figura 1. Clasificación de la estanqueidad al aire de edificios de viviendas en ren/hora a 50 Pa.

En otros países europeos, por ejemplo en Alemania, desde el año 2002 todo edificio de viviendas construido debe tener una tasa de infiltración inferior a 3 ren/h a 50 Pa, y si dispone de un sistema de ventilación mecánica, menor que 1,5 ren/h. Otros países que lo regulan de manera similar son Austria, Eslovenia, Lituania o Noruega entre otros (BPIE, Europe’s building under the microscope 2011).

ANÁLISIS DE LA REPERCUSIÓN ENERGÉTICA

Para determinar la repercusión del nivel de estanqueidad en la demanda energética, se realizaron diferentes simulaciones con varios programas diseñados para tal fin. A continuación se muestran los resultados obtenidos en uno de ellos. Se trata de un edificio de viviendas con valores de transmitancia térmica tipo CTE y situado en Pamplona.



Figura 2. Relación n50 y demanda de calefacción en kWh/m² año.

De este modo, reducir de 5 a 2 ren/h a 50Pa la tasa de infiltración, puede suponer un ahorro en la demanda de calefacción de casi 20 kwh/m² año, dependiendo del clima y del diseño del edificio. No se consigue nada con aumentar los aislamientos térmicos si se tienen entradas de aire no deseadas, que echarán por tierra todos los esfuerzos realizados en limitar la demanda energética al acometer una rehabilitación. Y así lo corrobora el estándar Passivhaus, referente a nivel mundial en construcción de viviendas eficientes, pues uno de sus principios es limitar el nivel de infiltración a 0,6 ren/h en edificios nuevos y a 1 ren/h a 50 Pa en edificios rehabilitados.

METODOLOGÍA

EDIFICIOS DE NUEVA CONSTRUCCIÓN

Teniendo en cuenta la importancia de este parámetro en la eficiencia energética de los edificios se ha realizado un análisis del nivel de estanqueidad de los edificios construidos en los últimos años en España. Para ello se ha utilizado el equipo de ensayo de presurización por medio de ventilador o "Blower door test", que consiste en una puerta de tela con un marco metálico que se ajusta a la puerta de entrada de la vivienda. En dicha puerta se inserta un ventilador calibrado que extrae el caudal de aire necesario para generar la depresión o sobrepresión que le indica el manómetro de precisión al que está conectado. Todo ello se controla a través de un equipo informático portátil y un software. Al finalizar la prueba obtenemos varios datos, entre los que destaca las renovaciones/hora a 50 Pa o n50, dato que utilizamos para comparar y evaluar el nivel de estanqueidad de la vivienda.

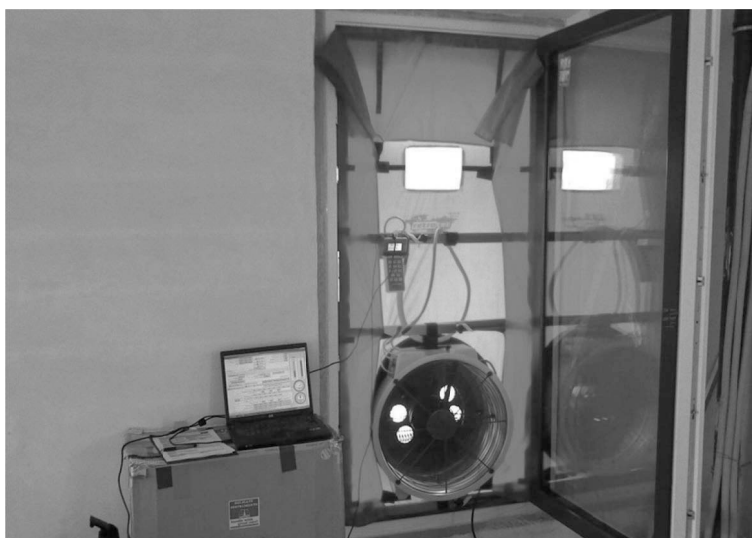


Figura 3. Equipos Blower door Retrotec de ACR Grupo.

Siguiendo el proceso que rige la norma UNE-EN 13829 se han analizado más de 150 viviendas de diferentes edificios, construidos por varias empresas del sector y situados en diferentes zonas climáticas como Barcelona, Valladolid, Vitoria y Pamplona.

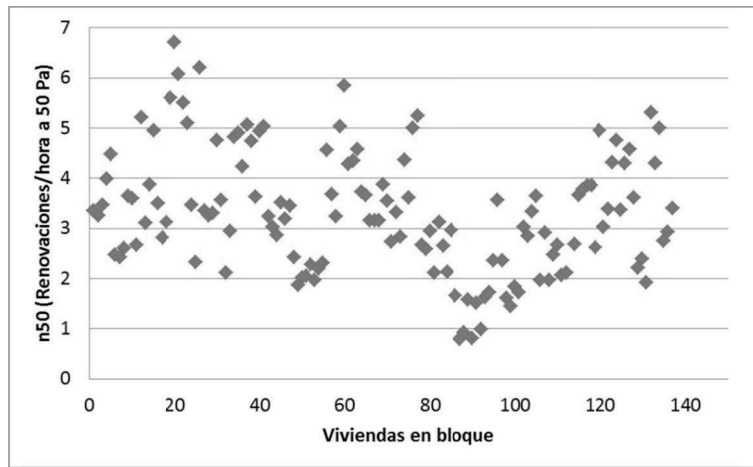


Figura 4. Resultados de edificios de viviendas construidas en los últimos años.

Durante la ejecución del ensayo a depresión, se fuerzan las entradas de aire a través de fisuras, grietas, carpinterías o defectos de sellado. Utilizando una cámara termográfica podemos localizar los puntos más importantes de infiltración y realizar propuestas de mejora para reducir esta tasa al mínimo.

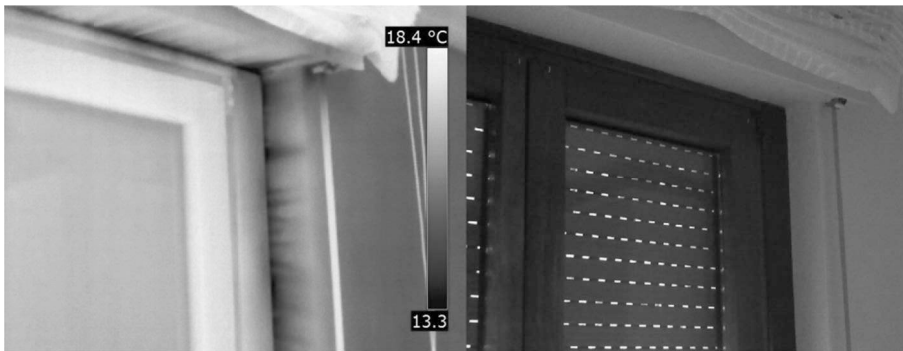


Figura 5. Termografía e imagen digital de una ventana con infiltraciones.

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

En una rehabilitación energética es necesario conocer los niveles de origen para poder evaluar la mejora obtenida. Por eso, se realizan varias pruebas antes de comenzar las obras y de este modo, se obtiene la tasa de infiltración inicial.

En los primeros ensayos se pueden detectar varias infiltraciones no deseadas como estas:

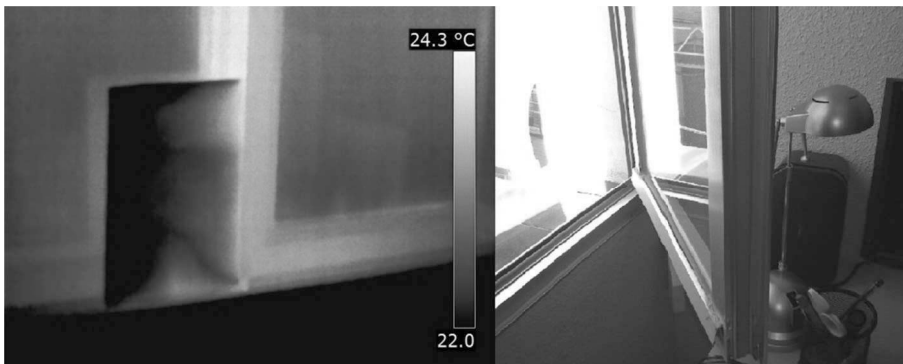


Figura 6. Termografía de infiltración de ventana e imagen digital de ventana de aluminio.

En estas imágenes se aprecia como las ventanas existentes no ajustan correctamente. En la termografía vemos la huella que deja el aire exterior a diferente temperatura (en este caso más caliente) sobre un folio colocado para tal fin. En la imagen digital vemos como la hoja de aluminio existente no dispone de burletes con gomas para evitar la entrada de aire.

Una vez sustituidas las ventanas por otras nuevas de altas prestaciones, pero antes de finalizar los remates, se realizan los ensayos de infiltraciones intermedios para comprobar que la colocación de las carpinterías es la correcta. En dichas pruebas se pueden localizar problemas de sellados, que se deben transmitir a los responsables de la obra para que procedan a su reparación.

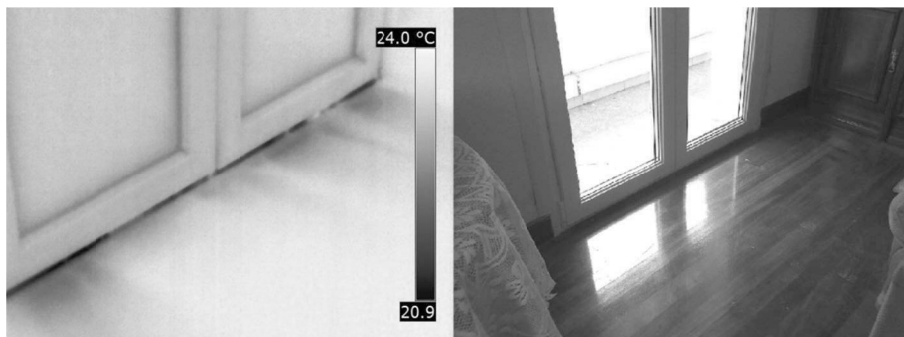


Figura 7. Imagen termográfica y digital de puerta balconera.

En este caso se aprecia un defecto de sellado en la parte inferior de la puerta balconera, sería recomendable realizar un sellado exterior del vierteaguas contra el balcón para frenar esta entrada de aire.

Una vez finalizada la rehabilitación se debe tomar una muestra representativa de la misma y de este modo certificar el nivel de estanqueidad del edificio, así como la reducción obtenida respecto al punto de partida.

RESULTADOS

Después de analizar los resultados obtenidos en más de 150 viviendas de 40 edificios construidos por diferentes empresas del sector, sabemos que el nivel de estanqueidad medio se encuentra en torno a 3,50 ren/h a 50Pa, en edificios de nueva construcción.

Estudiando las causas del nivel de infiltración de cada obra, proponiendo mejoras y teniendo especial atención en la ejecución de cerramientos exteriores, carpinterías y sellados, es posible reducir esta tasa por debajo de 2 ren/h a 50 Pa. Así se ha demostrado en varias obras ejecutadas por ACR Grupo. No obstante si los proyectos no se han diseñado teniendo en cuenta el control de infiltraciones de aire, es muy complicado llegar a dichos valores.

Por otro lado, en cuanto a edificios rehabilitados se han obtenido valores de reducción en la tasa de infiltración del 30%, tan solo al sustituir las viejas ventanas de madera por unas nuevas de altas prestaciones. Del mismo modo, para que esta mejora se produzca es necesario acometer la rehabilitación prestando especial atención a los sellados, tanto interiores como exteriores.

CONCLUSIONES

Mejorar la estanqueidad al aire de los edificios de viviendas es uno de los factores más importantes para construir EECN. Al mismo tiempo, se trata de un parámetro actualmente obviado en la normativa española y desconocido por gran parte del sector de la edificación. Realizando ensayos normalizados de infiltraciones de aire, tanto en edificios de nueva construcción como en rehabilitaciones energéticas, podemos controlar y reducir al máximo el caudal de aire infiltrado, con el consiguiente ahorro energético. Para ello, es preciso llevar un control exhaustivo en la ejecución de los cerramientos exteriores y sellados de la envolvente.

A día de hoy en España un edificio de 7 ren/h 50 Pa puede tener la misma calificación energética que uno de 2 ren/h 50 Pa, ya que por el momento los programas de simulación no contemplan este parámetro tan importante. Hasta la fecha, se han dado pasos hacia los EECN con la última actualización del Documento Básico HE-1, que aunque cita en varias ocasiones el control de las infiltraciones, deja en manos del proyectista la realización de ensayos o pruebas para controlarlo. Se considera que es necesaria la inclusión de unos límites del nivel de infiltración en los edificios en las próximas actualizaciones del CTE, con el objetivo de llegar a cumplir con la exigencia de construir edificios de energía casi nula.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Actualización Documento Básico Ahorro de Energía DB-HE. Código técnico de Edificación. 2013

A. Sfakianaki, Air tightness measurements of residential houses in Athens, Greece, Building and Environment Vol 43, Issue 4, (2008).

BPIE, Europe's building under the microscope 2011

EN 13829, Thermal performance of buildings. Determination of air permeability of buildings. Fan pressurization method. 2002

IDAE, Manual de referencia para Calener GT. 2009

Juha Jokisalo, Building leakage, infiltration, and energy performance analyses for Finnish detached houses, Building and environment, Volume 44, Issue 2 (2009)

OSSIO, F; DE HERDE, A y VEAS, L. Exigencias europeas para infiltraciones de aire: Lecciones para Chile. Revista de la Construcción [online]. 2012, vol.11, n.1

Wanyu R. Chan, Analyzing a database of residential air leakage in the United States. Atmospheric Environment, Volume 39, Issue 19, (2005).

EL CONCEPTO COSTE-EFICIENCIA EECN APLICADO A ESCALA DE BARRIO EN EL NUEVO MARCO LEGISLATIVO ESPAÑOL DE REHABILITACIÓN, REGENERACIÓN Y RENOVACIÓN URBANA

Susana Moreno Soriano, Directora Máster en Edificación Eficiente y Rehabilitación Energética y Medioambiental MUUEREM, uem

Francisco Javier González González, Profesor Urbanismo Máster en Edificación Eficiente y Rehabilitación Energética y Medioambiental MUUEREM, uem

Alberto Gómez Noguerales, Profesor Máster en Edificación Eficiente y Rehabilitación Energética y Medioambiental MUUEREM, uem

Resumen: El contexto económico actual dificulta la viabilidad de la rehabilitación energética profunda, debido a las nuevas condiciones de financiación, las rentas familiares decrecientes y el margen de los ahorros energéticos obtenidos con el clima de gran parte de la geografía española. Con estas condiciones es difícil pasar de una rehabilitación energética con ahorros del 50% a una rehabilitación profunda con ahorros del 80%. El nuevo marco legal de la ley (8/2013) abre posibilidades de intervención. El concepto de coste-eficiencia (DEEE/2010/ 31 UE) puede entenderse a escala de barrio relacionándolo con las actuaciones de un proceso de regeneración urbana sostenible. Los retornos de las inversiones que se producen en la mejora de la calidad ambiental en un barrio pueden invertirse en la rehabilitación profunda de los edificios existentes para convertirlos en EECN. El estudio se basa en el modelo teórico propuesto en una posible intervención en el barrio de San José de Valderas, Alcorcón.

Palabras Claves: Coste-eficiencia, Regeneración Urbana, Rehabilitación Energética, Rehabilitación Profunda

INTRODUCCIÓN

Marco Contextual

El marco de referencia de la ley L8/2013 de 26 de Junio de Rehabilitación, Regeneración y Renovación urbanas es un intento de impulsar la rehabilitación de edificios dentro del contexto más amplio de la intervención en conjuntos urbanos. Lo cierto es que esta idea ha estado siempre implícita en la cultura urbanística ligada a la rehabilitación y ha sido reflejada en los planes de vivienda y rehabilitación promovidos hasta la fecha. Uno de los instrumentos más operativos para la regeneración urbana durante estas dos últimas décadas ha sido la declaración de Áreas de Rehabilitación Integral desde este tipo de políticas, centradas, sobre todo, en la subvención de mejora de viviendas. Una de las novedades del presente marco legal es que pretende modificar algunas de las barreras detectadas a la hora de intervenir de forma conjunta áreas urbanas y que provienen de procedencias diversas, como la legislación del suelo, la de propiedad horizontal, etc. La mejora de la eficiencia energética como un apartado explícito. La ley explora posibilidades (poco explícitas en el texto), de acercarse a nuevas formas de gestión. Esto es coherente con la bajada de las previsiones de financiación pública que se establecen en el vigente plan estatal de rehabilitación edificatoria. El plan abre una línea de financiación dedicada a ciudades sostenibles, tema que toca de lleno en la eficiencia energética como parte del menú de actuaciones protegibles.

En los últimos años el acercamiento a cómo hacer operativa la rehabilitación masiva de viviendas, considerando el problema a escala nacional ha sido tratado en diferentes congresos y publicaciones, en los que las cuestiones a resolver vinculan fuertemente la búsqueda de nuevas fuentes de financiación con la operativa de trabajar a escalas que van más allá del propio edificio.

La directiva europea DEEE/2010/ 31 UE determina en el artículo 11 punto 4 que el certificado de eficiencia energética deberá incluir información sobre la relación coste-eficiencia de las recomendaciones de medidas de mejora de los niveles óptimos o rentables. La evaluación se efectuará sobre criterios estándares tales como la evaluación del ahorro energético, los precios subyacentes de la energía y una previsión de costes preliminar. En su artículo 5 apartado 2 establece que debería establecerse un marco metodológico comparativo para el cálculo de los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética.

El Real Decreto 235/2013 transpone parcialmente la directiva europea DEEE/2010/31UE, en lo relativo a las recomendaciones que debe incluir el certificado de eficiencia energética. En el artículo 6 punto f, indica la obligación de informar al propietario sobre dónde obtener información sobre la relación coste-eficacia de las recomendaciones de medidas de mejora.

El Reglamento Delegado UE 244/2012 en su artículo 2 establece una serie de definiciones destinadas al cálculo a nivel macroeconómico y con objeto de aplicar dichas normas a edificios de referencia seleccionados para identificar los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética. El procedimiento precisa que se incluyan todos los parámetros de cálculo que tengan impacto tanto directo como indirecto en la eficiencia energética de los edificios incluidos sistemas urbanos.

Marco conceptual

Con estos antecedentes es necesario definir qué es EECN en rehabilitación para poder plantear un marco operativo. Para ello se requiere establecer cuál es el “Nivel óptimo de rentabilidad” para lograr la transformación de cada grupo de edificios existentes dentro del parque nacional de viviendas en Edificios con un nivel de eficiencia energética muy alto . Es decir el concepto de coste-eficacia es determinante en el sentido de que es tan importante introducir criterios técnicos para optimizar la eficiencia energética como para optimizar la inversión económica necesaria.

Objeto

Con todo ello ya podemos señalar que el objetivo de esta ponencia es determinar cuál es el balance ideal de actuaciones sobre ambos parámetros en actuaciones de rehabilitación integral comparando dos escalas de intervención, la escala del edificio y la escala del barrio dentro de una operación de regeneración urbana. Todo ello con dos consideraciones:

- Al objeto de evaluar la eficiencia energética se tomarán en consideración todas las medidas directas e indirectas que afectan a este parámetro.
- Al objeto de evaluar los costes se tomarán en consideración todas las medidas directas que son necesarias para garantizar las condiciones de seguridad, accesibilidad y confort de los edificios y las indirectas que pueden contribuir a optimizar la inversión económica necesaria.

Hipótesis

Por tanto la hipótesis que presentamos se puede enunciar del siguiente modo: Actuar a escala de barrio optimiza el coste-eficiencia de la rehabilitación energética de edificios existentes.

METODOLOGÍA

Se realiza un estudio de caso. Se toman datos urbanísticos y edificatorios reales y estimaciones de datos de demanda, consumo, ahorro y costes del ¿barrio? de San José de Valderas situado en la ciudad de Alcorcón en la Comunidad de Madrid.

Descripción del caso

El barrio de San José de Valderas está situado en Alcorcón, ciudad perteneciente a la primera corona Sur metropolitana de Madrid. Es un barrio de tamaño mediano, que ocupa 11,6 hectáreas, con una población de 3.472 habitantes que se alojan en 1.258 viviendas. La morfología urbana corresponde a un barrio propio de los acercamientos de postguerra a los modelos urbanos del Movimiento Moderno, esto es, un barrio de bloques de viviendas exentos con jardines entre los mismos, de viario y dotaciones locales más bien escaso. En total, 16 bloques, 98 portales y una edificabilidad de poco más de 100.000 metros cuadrados, de los cuales sólo 1.554 m² construidos son no residenciales, mayoritariamente comerciales.



Figura 1. Ámbito de estudio. Alcorcón - San José de Valderas.

- Sup. total del ámbito: 106.000,00 m²
- Nº de Viviendas: 1258
- Nº de portales: 98
- Nº de Bloques: 16
- Nº de Habitantes: 3472
- Sup. total construida: 100.706,04 m²
- Sup. Total residencial: 99.141,49 m²
- Sup. Total no residencial: 1.554,55 m²
- Nº plazas aparcamiento: 929 plazas

Escenario 1. Rehabilitación Edificio a Edificio

Para desarrollar este escenario se ha considerado la situación de tres edificios un bloque de 5 plantas y dos viviendas por núcleo y crujía estrecha de 7,30m, una torre de 12 plantas y 4 viviendas por planta en esquina y un bloque de 10 alturas y 3 viviendas por núcleo con como prototipos de estudio y se extrapolan los resultados al resto de los edificios con características semejantes y orientaciones semejantes.

Se aplican las herramientas CE3X y CEX para la calificación de los edificios en su estado actual y mejorado y se determina mediante la valoración económica el nivel de rehabilitación óptimo recomendable para el cumplimiento de las exigencias limitación de la demanda y el consumo del CTE (versión anterior). Las calificaciones obtenidas por los edificios existentes son E para los edificios bloques de 12 plantas y de 10 plantas y G para los bloques de 5 plantas, después del segundo nivel de mejoras las calificaciones obtenidas son C y D. Para analizar un comportamiento más exigente del edificio que permita alcanzar ahorros entorno al 80% se valoran solo los costes necesarios para alcanzar

estos niveles de eficiencia suponiendo que se corresponden con el potencial de ahorro requerido. Estas mejoras se centran en la reducción de los valores máximos permitidos de transmitancia térmica, permeabilidad al aire de carpinterías y recuperación de calor del aire.

Escenario 2. Rehabilitación de Edificios dentro de una Operación de Regeneración Urbana

Se distinguen tres conceptos de aplicación:

Actuaciones básicas sobre el parque edificado, actuaciones de mejora ambiental y funcional del espacio público y actuaciones de fomento de la rehabilitación.

Actuaciones básicas sobre el parque edificado. Son actuaciones básicas la reparación de patologías y la instalación de ascensores para garantizar la accesibilidad. Éstas no se consideran en esta investigación por ser parámetros de cálculo que no tienen impacto directo ni indirecto en la eficiencia energética. Es un coste que debe asumirse en los costes globales pero no puede repercutirse para establecer el coste-eficiencia óptimo.

Actuaciones de mejora ambiental y funcional del espacio público. Son actuaciones sobre la mejora del metabolismo urbano que tienen una influencia relativa sobre la eficiencia energética de los edificios. En este estudio se considera en primer lugar la parte de actuaciones sobre el espacio urbano que tienen influencia, a través de la introducción de masas vegetales, sobre la mitigación del efecto isla de calor en verano. Se ha considerado de un 10% de la demanda de refrigeración en verano. En segundo lugar se ha considerado la instalación de sistemas urbanos de alta eficiencia o sistemas urbanos de suministro de energía. El criterio adoptado en este estudio es considerar la reducción del coste económico de la biomasa que se consigue mediante la centralización en tres microcentrales de biomasa de distrito sin considerar que además mejora la eficiencia del sistema respecto a sistemas centralizados por edificio.

Actuaciones de fomento de la rehabilitación. Son actuaciones de transformación del barrio que permiten retornos económicos que permiten la viabilidad económica de la rehabilitación integral. En esta investigación se considera un supuesto en el que se producen retornos por la capitalización de los ahorros energéticos, por los retornos debidos al aumento de edificabilidad que no excede el 15% de la edificabilidad existente y por la creación de plazas de aparcamiento requeridas para la mejora ambiental y funcional del barrio, ya que la mejora de la peatonalidad y la creación de espacios verdes supone la retirada de plazas de aparcamiento en superficie conforme a las directrices actuales de los planes de Movilidad Sostenible impulsados desde el IDAE. Tanto el ahorro como los retornos no tienen influencia directa sobre el coste de la rehabilitación pero tienen una influencia sobre la viabilidad económica si se considera el periodo de uso del edificio (ahorros) y la amortización (inversiones) y por lo tanto en el parámetro coste-eficiente. Se ha tomado un periodo de diez años para determinar los ahorros energéticos.

Discusión

La determinación de costes de construcción se ha considerado mediante un criterio de costes mínimos para cada solución constructiva descartando un criterio de calidades por no influir directa ni indirectamente sobre la eficiencia energética. Las medidas de mejora en eficiencia se han tratado en el estudio de costes referidas a mediciones reales de cada sistema constructivo para las fachadas, estructuras y cubiertas y se ha referido a la unidad de vivienda para las instalaciones.

Los costes de construcción que se han tomado de referencia son:

	€/m2	€/viv
PATOLOGÍAS	40*	
ACCESIBILIDAD/ASCENSORES		5500*
ESTRUCTURAS		
repercusión s/sup. forjado	294	
estr. Ampliacion horizontal 1,50 m	294	
FACHADAS EXISTENTES REHAB ENERGÉTICA		
SATE incl. Repercusion andamios	65	
Carpintería Exterior	380	
Galerías solares 1,50 m	380	
CUBIERTA EXISTENTE		
Losa filtrón sobre aislamiento	85	
SUSTITUCIÓN CALDERA INDIVIDUAL Y ACS CTE		
Caldera individual y 2 paneles solares + acum+inter (1300 + 3500)		4800
AMPLIACIÓN PLANTA 6ª		
coste/m2 todo excepto estructura incl caldera indiv y 2 paneles)	650	
SOLUCIONES BIOCLIMÁTICAS Y MEDIDAS ACTIVAS		
PV persianas, toldos, parasoles	110	
CALEFACCIÓN CENTRALIZADA DE DISTRITO		1111
VENTILACIÓN CON RECUPERACIÓN ENTÁLPICA		80
ACTUACIONES EN ESPACIO URBANO		1410
*no considerado		

Figura 2. Costes de construcción.

En el presente esquema conceptual quedan reflejados los ahorros en costes de rehabilitación energética en el caso de que esta se encuentre integrada en una operación de regeneración urbana. Como puede verse la reinversión de los retornos procedentes de la venta de aumento de edificabilidades, tanto de uso residencial como de uso comercial permite reducir el gasto en obra de rehabilitación en un porcentaje que estimamos en nuestro caso simulado de hasta el 31%, consiguiendo al final de la operación mejorar de forma drástica el balance coste- eficiente. Este ahorro en inversión supone en definitiva la posibilidad de generar recursos, no ya para la rehabilitación energética, sino para la rehabilitación de patologías y la instalación de ascensores, acciones indispensables bajo una visión integral de la rehabilitación y, lo que es más importante, son muchas veces las razones por las que una comunidad de propietarios se embarca en la mejora de los edificios, por lo que, desde el punto de vista operativo este aspecto es fundamental.

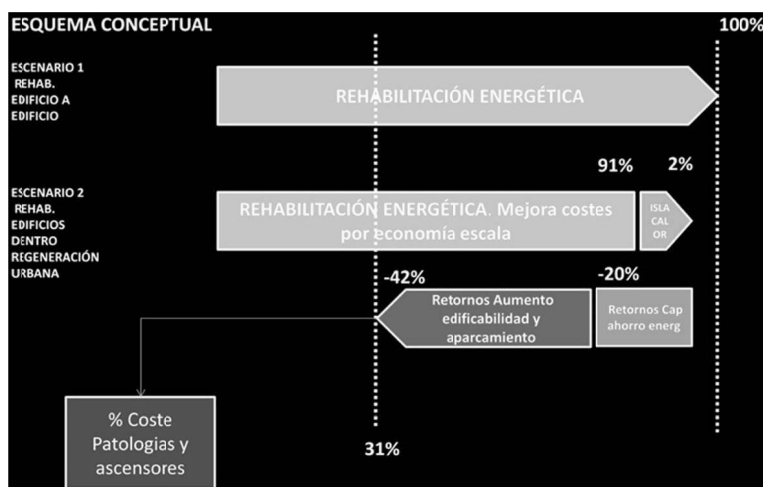


Figura 3. Esquema conceptual de la repercusión en costes de la rehabilitación energética dentro de operaciones de regeneración urbana.

CONCLUSIONES

En operaciones de rehabilitación actuar a escala de barrio es mejor en términos de coste-eficiencia que actuar edificio a edificio. Esto se debe a que de manera moderada se mejora la eficiencia energética y de manera notable se mejora la viabilidad económica.

Las operaciones de rehabilitación energética dentro de operaciones de regeneración urbana bajo las nuevas condiciones del marco legal son viables en términos económicos y son coherentes con los objetivos de la directiva europea sobre los EECN.

Un marco operativo más complejo y la visión integral de la rehabilitación aportan resultados de mayor eficiencia global.

REFERENCIAS

MORENO, S, GONZÁLEZ, F J, GÓMEZ, A, *La Regeneración Urbana en España. Revisión crítica para un estudio de caso de regeneración sostenible*. Arquitectura y Rehabilitación Urbana. n 27 Revista de Arquitectura FAU (2013) Santiago de Chile.

SUSCA, T et al *Positive effects of vegetation: Urban heat island and Green roofs*. Environmental Pollution 159 (2011).

Informe WWF 2012. *Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO2 del parque residencial existente en España en 2020*.

GONZALEZ, F.J; PÉREZ MUINELO, A 2013, *Lo social en la regeneración urbana madrileña. Algunas notas sobre inmigración y gentrificación en Madrid a debate*. Editorial Club de Debates Urbano, Madrid 2013.

CUCHI, A. y SWEATMAN, P. Informe GTR 2012. *Una visión País para el sector de la edificación en España: Hoja de ruta para un nuevo sector de la vivienda*. Editorial European Climate Foundation- Fundación Complutense CCEIM, Madrid 2011.

RUBIO DEL VAL, J, 2011. *Rehabilitación urbana en España 1989-2010. Barreras actuales y sugerencias para su eliminación*. Informes de la construcción Vol 63 Extra 5-20 Octubre de 2011.

DEEE/2010/ 31 UE de 18 de mayo de 2010.

RD 235/2013 de 5 de abril de 2013.

Real Decreto 233/2013, de 5 de abril de 2013.

Reglamento Delegado UE 244/2012.

ILUMINACIÓN EFICIENTE EN LA REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS

Oskia Leyún Pérez, Responsable marketing Oficinas, Industria, Colegios y Hospitales, Philips Ibérica

Jorge Jusdado Barrio, Director Servicios Energéticos, Philips Ibérica

Resumen: Las estrategias en la rehabilitación energética de edificios pueden ser muy variadas, desde actuaciones sobre aislamientos de fachada o cubiertas, pasando por cambio de calderas y equipos de frío más eficientes. Sin embargo una propuesta muy interesante es la de la renovación o sustitución de la iluminación del edificio porque tiene plazos de retorno cortos, es fácil de ejecutar y tiene bajos riesgos asociados. Se incidirá sobre la transformación que está sufriendo el mercado de la iluminación durante los últimos años y se realizará un repaso de la normativa reciente para la rehabilitación y certificación de edificios. Es una realidad que la iluminación de interior de los edificios en general en un 70% está obsoleta y es perfectamente factible el conseguir ahorros de hasta el 80% a través de la tecnología LED y los sistemas de control. Existen múltiples ejemplos en todo tipo de aplicaciones que así lo demuestran.

Palabras Claves: Ahorro Energético, Construcción, Edificación, Eficiencia Energética, Iluminación, LED, Rehabilitación, sistemas de Control, Sostenibilidad

INTRODUCCIÓN

Las estrategias en la rehabilitación energética de edificios pueden ser muy variadas, desde actuaciones sobre aislamientos de fachada o cubiertas, pasando por cambio de calderas y equipos de frío más eficientes. Sin embargo una propuesta muy interesante es la de la renovación o sustitución de la iluminación del edificio porque tiene plazos de retorno cortos, es fácil de ejecutar y tiene bajos riesgos asociados. Se incidirá sobre la transformación que está sufriendo el mercado de la iluminación durante los últimos años y se realizará un repaso de la normativa reciente para la rehabilitación y certificación energética de edificios.

TRANSFORMACIÓN DEL MERCADO DE LA ILUMINACIÓN

Durante los últimos años la implantación de la tecnología LED unida al uso de los sistemas de control está siendo muy rápida en iluminación interior. Esta rápida introducción viene determinada por los grandes ahorros energéticos y de mantenimiento que permiten obtener con respecto a las instalaciones actuales. En la siguiente gráfica se muestra la previsión de la evolución del mercado global de iluminación tanto en la sustitución de lámparas como en la renovación de luminarias LED e introducción de sistemas de control.

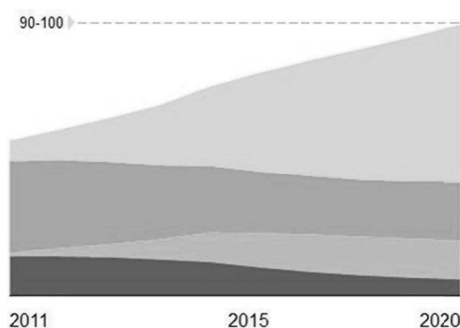


Figura 1. Mercado global de Alumbrado (excluyendo mercado de auto y componentes LED).

NORMATIVA Y CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA EN LA REHABILITACION

La reforma de la instalación lumínica de un edificio debe tener en cuenta tres tipos de normativas fundamentales:

- La que nos marca el Código Técnico de la Edificación, que ha sido recientemente actualizado, y que entre otras cosas apuesta por la eficiencia de la instalación al limitar los vatios por metro cuadrado dedicados a iluminación, con la obligación de mantener la iluminancia media que requiere cada tarea. Además, amplía la obligación del uso de sensores para aprovechamiento de la luz natural y detección de presencia en las zonas de no permanencia de personas.
- Las que regulan la fabricación de productos de alumbrado mediante las normas europeas que obligan a cumplir la Directiva de Baja Tensión y Seguridad 2006/95/EC y la Directiva de Compatibilidad Electromagnética 2004/108/EC. Con la primera, acreditamos el desarrollo de soluciones duraderas, fiables y seguras; con la segunda evitamos perturbaciones y armónicos en la red eléctrica así como con otros aparatos electrónicos limitando las radiointerferencias y cualquier tipo de campo electromagnético fuera del ámbito permitido.
- La que obliga a la certificación energética del edificio, de reciente instauración, mediante la cual el propietario y cualquier posible usuario o comprador pueden conocer la “calidad” energética del edificio.

CONSUMO DE LA ILUMINACIÓN Y POTENCIAL DE AHORRO

Es una realidad que el precio de la electricidad durante los últimos 5 años se ha incrementado en un 50% y que la previsión para España es que siga subiendo durante los próximos años.

Según la Agencia Internacional de la Energía (IEA), el alumbrado representa el 14% del consumo eléctrico de la Unión Europea y el 19 % del consumo eléctrico mundial. El consumo eléctrico de la iluminación en un edificio varía en función de la aplicación, por ejemplo en un colegio podría llegar a ser hasta de un 50% mientras que en una oficina suele estar cerca del 35% y en un hospital alrededor del 25%.

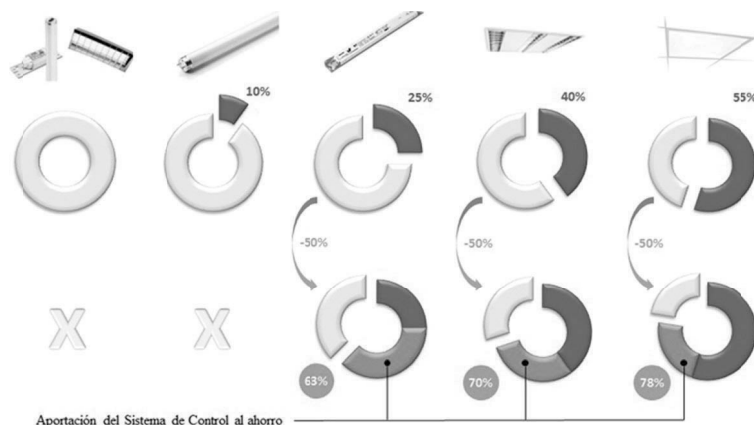


Figura 2. Posibles estrategias de ahorro con fluorescencia lineal.

En la iluminación interior de los edificios la solución más habitual es la de luminarias con fluorescencia, que puede ser aproximadamente el 80% de los casos. Esta fluorescencia decimos es obsoleta porque funciona con equipos de altas pérdidas por lo que el potencial de ahorro con el cambio de lámparas, cambio de equipos o sustitución de luminarias y uso de sistemas de control puede llegar a ser del 80%. En la figura 2 quedan perfectamente ilustrados con los cambios que pueden realizarse y los ahorros potenciales que se obtienen con las distintas actuaciones; cambio de lámparas, cambio de equipo, cambio de luminaria con tecnología TL5 y equipo electrónico y por último cambio de luminaria con

tecnología LED. Además a las tres últimas alternativas pueden añadirse los ahorros producidos por los sistemas de control.

En cuanto a los sistemas de control las posibilidades son muchas y van desde soluciones autónomas integradas en la propia luminaria hasta la integración con sistemas en red de todo un edificio. Este tipo de sistemas aportan a usuarios grandes beneficios tales como ahorro energético, confort y flexibilidad. Los sistemas de control en definitiva deben conseguir que la cantidad de luz sea siempre la apropiada cumpliendo siempre la normativa y las estrategias de ahorro por lo tanto variarán en función del zona donde queramos utilizarlas. Las más comunes son la programación horaria, regulación en función del aporte de luz natural y la detección de presencia, llegando en la combinación de varias de ellas a ahorros energéticos de hasta 55%.

Los requerimientos que se quieran conseguir junto con la inversión que se realice determinarán, tal y como se puede ver en la figura siguiente, el tipo de solución que se puede acometer. Si queremos cumplir con el Código Técnico de la edificación podemos conseguir aproximadamente sobre la iluminación un ahorro extra del 30% debido a los sistemas de control y la inversión a realizar aumentará aproximadamente un 10 % sobre el total del proyecto.

Parámetros de decisión	Requerimientos del cliente		
Inversión y tipo de control	Cumplir con la legislación vigente. Ahorro habitual del 30%	Relación inversión/ahorro óptima. Ahorro habitual del 50%	Máxima flexibilidad y detalle en la monitorización. Ahorro habitual del 55%
Conectar y programar Inversión moderada: 30%			Soluciones en red
Conectar y configurar Inversión media: 20%		Gestión en grupos optimizada	
Conectar y listo Inversión baja: 10%	Control autónomo		

Figura 3. Tabla tipos de sistemas de control en función de requerimientos e inversión.

A la hora de pensar además en rehabilitar la iluminación de un edificio debemos de pensar en el ciclo de vida de la instalación y por lo tanto tener en cuenta el coste total de propiedad durante los años en los que la instalación vaya a estar en funcionamiento.

PROYECTO SEDE PHILIPS

Fiel a su compromiso con el ahorro energético, Philips ha procedido a renovar la instalación de iluminación de su sede en Madrid, hasta ahora basado en fluorescencia lineal, fluorescencia compacta y lámparas halógenas. La solución ha sido realizarlo en formato ESE (Empresa de Servicios Energéticos) cambiando a tecnología LED y sistemas de control.



Figura 4. Esquema funcionamiento ESE.

La inversión de tiempo y, sobre todo, de dinero que puede suponer encontrar la solución más eficiente de iluminación para cada caso, hace que la gran mayoría de estas instalaciones no se planteen siquiera la actualización de su sistema de alumbrado. Al delegar la renovación de luminarias y la gestión energética de su sede en Madrid contratando una Empresa de Servicios Energéticos (ESE), Philips ha querido poner de relieve su apuesta por el modelo ESE para modernizar y mejorar la iluminación de sus oficinas, optimizar su consumo, reducir su huella ecológica y olvidarse de todas las actuaciones de gestión energética y de mantenimiento a lo largo de la duración del contrato. Y todo ello con un coste cero para Philips.

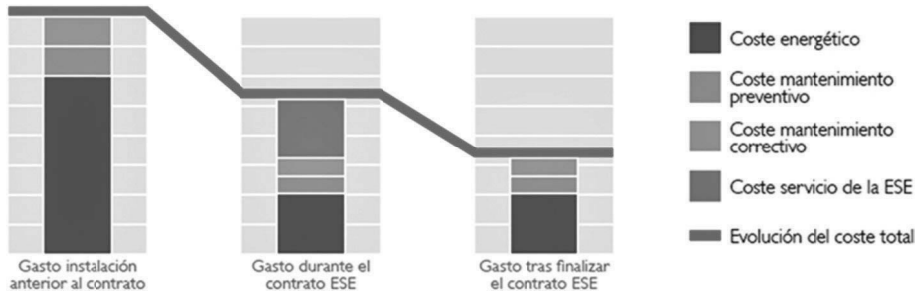


Figura 5. Escenarios del antes, durante y después de un contrato ESE.

La solución

La firma de un contrato de rendimiento energético con CREA puso en marcha la implantación de una solución LED en las oficinas de Philips Alumbrado de Madrid, solución que se encargará también de verificar y supervisar durante toda la vigencia del contrato sin que Philips tenga que realizar ninguna inversión. Dando siempre prioridad a la creación de un entorno de trabajo confortable y saludable, acorde con el Código Técnico de Edificación, se ha optado por la instalación de luminarias LED PowerBalance combinado con un sistema de control DALI. Gracias a estos sistemas de control se puede regular el encendido y apagado automático con sensores de detección de presencia y regular la intensidad de luminarias próximas a ventanas según el aporte de luz natural, con lo que se consigue hasta un 55% de ahorro energético adicional sobre la potencia contratada, maximizando así la eficiencia del sistema de alumbrado.

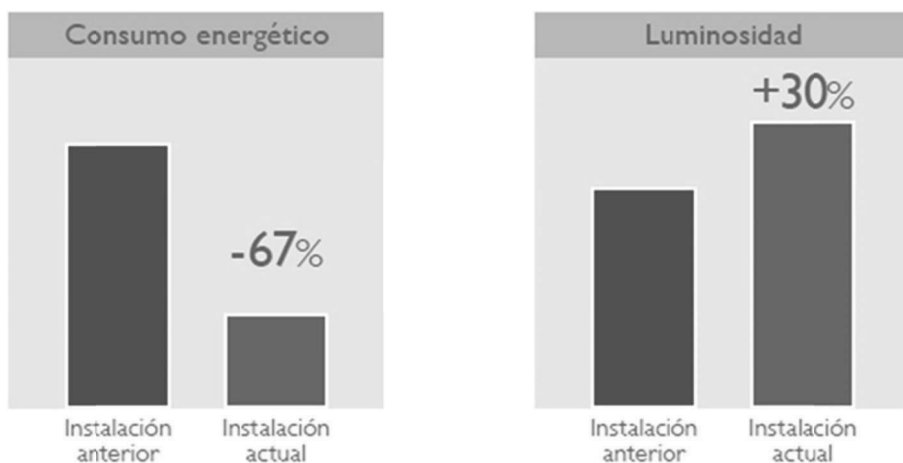


Figura 6. Ventajas obtenidas.

Ventajas

Este cambio ha permitido pasar de una potencia instalada cercana a 21 kW a una de 7 kW, lo que supone una reducción de la potencia de un 67% sin que en ningún momento se penalicen los niveles de iluminación de las oficinas que, por el contrario, han incrementado su luminosidad en un 30%. A todo esto hay que sumarle que esta luminaria, además, presenta un índice de reproducción cromática y una temperatura de color similares a los de la luz natural, lo que crea un entorno de trabajo mucho más confortable que el anterior basado en iluminación de fluorescencia y halógenos.



Figura 7. Fotos del antes y después del cambio de iluminación, del mismo lugar a la misma hora de la Sede Philips.

Además, Philips ha querido ir más allá y dotar a sus oficinas de Madrid con el sello CeroCO₂, compensando las emisiones de CO₂ del nuevo sistema de alumbrado en proyectos verificados por estándares internacionales de la iniciativa CeroCO₂ (www.cercoco2.org).

VIABILIDAD ECONÓMICA Y SOCIAL DE LA REHABILITACIÓN INTEGRAL. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN PARA UNA TORRE DE VIVIENDAS DE LOS AÑOS 60

Iker Mardaras Larrañaga, Arquitecto de la Sección de Eficiencia Energética, Ayuntamiento de San Sebastián

Victoria Iglesias Vacas, Arquitecto,

Javier Pacheco Pereda, Arquitecto,

Izaskun Vilanova Gastaminza, Arquitecto,

Resumen: La aprobación de la Ley 8/2013 de Rehabilitación, Regeneración y Renovación Urbanas el 26 de junio de 2013 abre un nuevo contexto en la rehabilitación del parque edificatorio. El objetivo de este estudio es presentar a una hipotética comunidad de vecinos las mejoras energéticas aplicables en el edificio donde viven para su transformación en un edificio de bajo consumo, reflejando la repercusión económica desglosada y global de todas las medidas propuestas. Por otro lado, desde una visión integral, se presentan otras posibles medidas de mejora relativas a la habitabilidad, así como las estrategias arquitectónicas y/o urbanísticas que permitan la financiación de la obra.

Palabras Claves: Análisis de ventilación, Balance energético, Financiación, Marco legislativo, Modelos de intervención, Rehabilitación integral, Viabilidad económica, Viabilidad social

MARCO INTRODUCTORIO Y CONTEXTO ACTUAL. OBJETO DEL ESTUDIO.

Aproximadamente, el 60% de las viviendas en España fueron construidas antes de 1980, por lo que gran parte del parque edificatorio existente presenta un comportamiento energético muy deficiente. En los próximos años se deberá acometer masivamente la rehabilitación energética de los edificios residenciales para adecuarse a un contexto muy probable de energía más escasa y cara. También será necesaria la intervención en los edificios construidos para acercarse al objetivo europeo de una economía descarbonizada para el 2050, que establece la necesidad de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en más de un 80%.

Muchos de los edificios residenciales a rehabilitar, además de las deficiencias energéticas, muestran otras relativas a accesibilidad, habitabilidad y/o a la dimensión de las viviendas. Estas carencias actualmente son difícilmente aceptables en la adquisición de una vivienda, y, en consecuencia, les restan atractivo como opción de compra. Sin embargo, poseen fuertes potencialidades derivadas de su ubicación. Así, las rehabilitaciones consolidan y mejoran la trama urbana, fomentan la diversidad social y permiten la implantación de energías renovables en las ciudades. Por lo tanto, se presenta necesario establecer una visión integral de la rehabilitación.

El cambio de paradigma urbano, pasando de las históricas estrategias de extensión en el territorio a otra, donde la consolidación y mejora de la ciudad existente sea lo fundamental, exige cambios y adecuación de la normativa urbanística, así como la búsqueda de nuevas fórmulas de financiación.

En este nuevo contexto, el 26 de junio de 2013 se aprobó la Ley 8/2013 de Rehabilitación, Regeneración y Renovación Urbanas. Entre los objetivos de esta ley están, por un lado, la eliminación de las trabas legales para promover la rehabilitación y regeneración urbana creando mecanismos específicos que la hagan viable y posible, y, por otro lado, fomentar la calidad en la edificación en relación con la eficiencia, ahorro energético y lucha contra la pobreza energética. La Ley busca activar mecanismos para aplicar políticas integrales a escala urbana que pueda incidir en el aspecto constructivo, social, económico, ambiental y de integración. Así, entre otras medidas la Ley propicia la generación de ingresos propios para hacer frente a los procesos de rehabilitación y regeneración.

El estudio realizado analiza desde una perspectiva integral la rehabilitación de una torre de viviendas construida a finales de la década de los 60. El edificio está ubicado dentro del ámbito metropolitano de Donostialdea, en el barrio de Arragua del municipio de Oiartzun. La torre objeto de estudio, de planta doblemente simétrica, alberga 40 viviendas distribuidas en 10 plantas con 4 viviendas por piso y un núcleo de comunicación. No existe planta sótano y la planta baja, y el ático se destinan a trasteros. El estado general del edificio es correcto aunque presenta las patologías habituales del paso del tiempo, y las deficiencias constructivas y arquitectónicas asociadas a los edificios construidos en esa época.



Figura 1. Barrio de Arragua. Situación e imagen del edificio.

ANÁLISIS Y ESTRATEGIAS DE AHORRO ENERGÉTICO.

Estrategias pasivas y bioclimáticas

El análisis del diagrama psicrométrico para el interior del edificio reveló que existen momentos de disconfort tanto en invierno y como en verano debido a las condiciones climáticas de Oiartzun. Por ello, las estrategias pasivas y bioclimáticas propuestas son las siguientes: en invierno, mantener las ganancias de calor internas, y aprovechar la radiación directa y la inercia térmica del edificio; en verano, la estrategia principal es establecer una protección solar adecuada en los huecos de orientación sur-oeste.

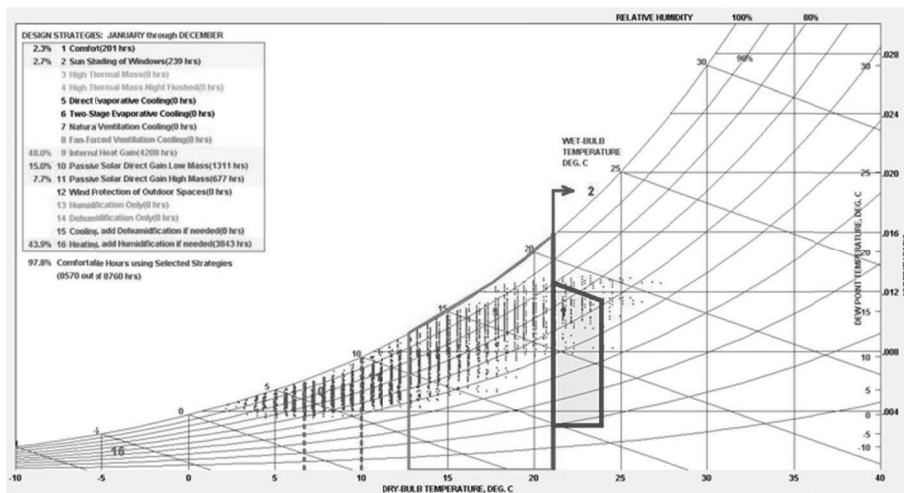


Figura 2. Diagrama psicrométrico para las condiciones de Oiartzun.

Así, se definieron las siguientes medidas en concordancia con las estrategias establecidas. En primer lugar, se estableció el aislamiento de la envolvente mediante un sistema SATE en pilares y forjados, y mediante una fachada transventilada los paños de fábrica. En segundo lugar, se definió la sustitución de los vidrios existentes por otros de menor transmitancia, junto con la reducción de las filtraciones de aire en la carpintería de madera original mediante juntas sintéticas de neopreno y EPDM. En tercer lugar, se determinó la instalación de vidrios con menor factor solar en la fachada oeste, y la colocación de persianas abatibles que protejan la entrada de la radiación solar cuando sea perjudicial.

Se cuantificaron los ahorros energéticos producidos por las medidas con el programa CERMA(R). Las conclusiones son que la mejora de transmitancias de la envolvente reduce la demanda un 54%, el aislamiento de elementos opacos un 25% y la mejora de huecos un 30%. La mejora de toda la envolvente hace que la Calificación Energética del edificio pase de E42,1 a D21,8, ya que se reducen sustancialmente las emisiones de CO2 (-48%).

Galería acristalada

Por otro lado, se propuso la construcción de galerías acristaladas para aprovechar el efecto invernadero y el efecto de colchón térmico para mejorar las condiciones de confort en las viviendas.

Para cuantificar el ahorro gracias al aprovechamiento del efecto invernadero de las galerías acristaladas fue necesario hacer una simulación en régimen dinámico con el programa Design Builder. Los resultados estiman un ahorro del 30% en la demanda de calefacción, si bien los autores de este estudio consideran este dato pudiera no ajustarse totalmente a la realidad debido a la gran cantidad de parámetros implicados.

Sin embargo, es interesante analizar el efecto de colchón térmico producido por la galería, ya que mejora las condiciones de confort de las viviendas. Por ejemplo, en la semana típica de invierno sin calefacción, normalmente hay cuatro días en los que la temperatura interior baja de 15°C, mientras que con la galería sólo hay un día en el que la temperatura baja de esa cantidad.

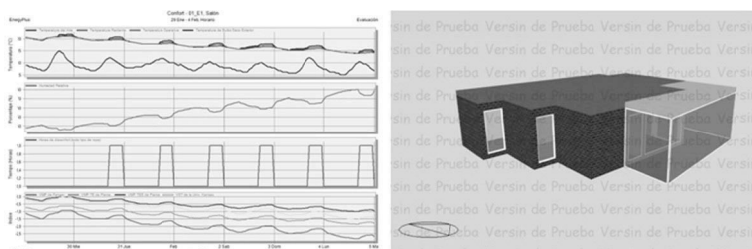


Figura 3. Análisis del efecto galería en las condiciones de confort.

Asimismo, la incorporación de la galería a la vivienda proporciona un nuevo espacio y el aumento de su superficie que mejore las condiciones de habitabilidad y de uso de la vivienda. Las viviendas —de 68,7m²— tienen una superficie útil bastante escasa para ser unidades de tres dormitorios. Se propone, por tanto, el aumento de la superficie útil a través de las nuevas galerías acristaladas, que además de las ventajas en el confort térmico conlleva ampliar las posibilidades de uso en el interior de la vivienda. La superficie resultante con esta ampliación sería de 88,7m².

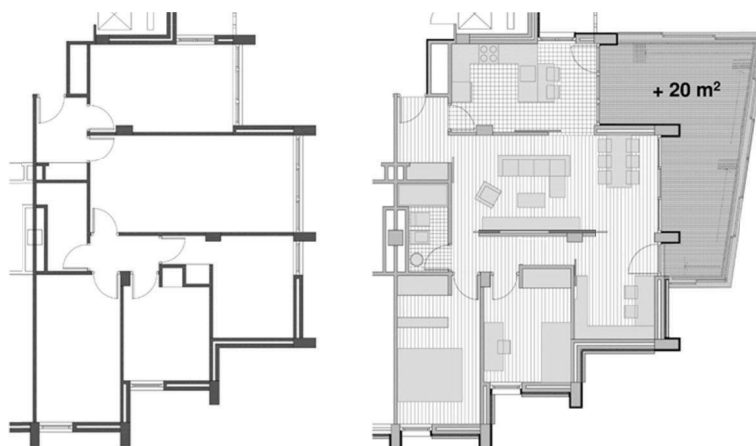


Figura 4: Análisis del efecto galería en las condiciones de confort.

dirigidos a impulsar la eficiencia energética del parque edificado que permitan incentivar a la ciudadanía y al mercado con este tipo de intervenciones.

En el futuro será necesario un nuevo marco donde la implantación de certificados blancos y verdes para los edificios, la comercialización de créditos blandos sufragados en base a los repagos de la factura energética, la creación de fondos para la rehabilitación energética, los incentivos fiscales o el desarrollo de la actividad de las ESE-s permita acometer las inversiones en la rehabilitación energética que muestren una propuesta de valor clara al ciudadano (Cuchi & Sweatman, 2013, pag. 50-60). Asimismo, de un modo más restrictivo y desde una perspectiva integral del hecho urbano, los mecanismos urbanísticos también pueden ser útiles para ofrecer herramientas que proporcionen la viabilidad en la regeneración del parque existente.

La investigación analiza nuevas fórmulas de gestión que actualmente no se contemplan en los planes urbanísticos. Mediante, el aumento de la edificabilidad en la trama consolidada se podría facilitar la financiación de las obras y garantizar la viabilidad económica una rehabilitación integral.

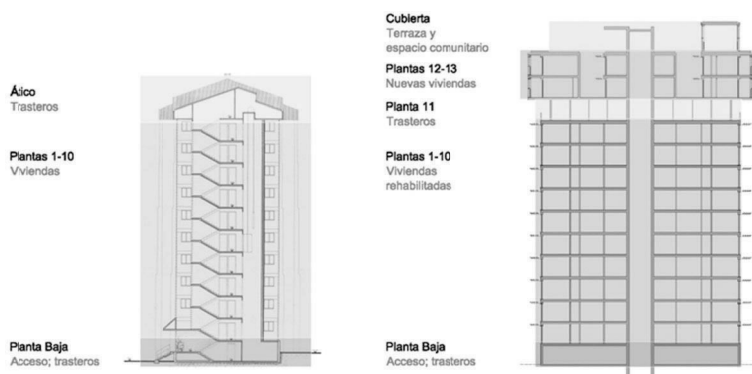


Figura 7. Configuración del edificio: actual y propuesta.

Se constató que la estructura de la torre está sobredimensionada, ya que los cálculos estructurales se hicieron considerando un hormigón muy pobre (50 kg/cm²). En consecuencia, se plantea la construcción de 8 nuevas viviendas para alquiler o para venta a precio de vivienda protegida (VPO).

Así, una hipotética venta de estas nuevas viviendas aportaría un total de 15.300€ para cada vecino que reduciría sensiblemente la factura de la intervención. De este modo, el gasto resultante de toda la rehabilitación por vecino sería de 13.110€ (considerando un recuperador de calor y un detector de CO₂ por vivienda y la instalación del pozo canadiense). A esta reducción se le podrían sumar los instrumentos anteriormente expuestos que complementarían la financiación de la obra.



Figura 8. Imágenes del estado actual del edificio y de la propuesta.

CONCLUSIONES. RETOS Y DIFICULTADES.

Es inevitable reducir el consumo energético del parque edificatorio y residencial existente para alcanzar los objetivos de eficiencia energética y de reducción de las emisiones de CO₂. Por lo tanto, uno de los retos importantes de la sociedad en las próximas décadas va ser el acometer la rehabilitación de los edificios construidos para adecuarse al nuevo paradigma energético y, así, evitar la “ruina energética” del parque edificatorio construido.

La intervención de los edificios puede ser aprovechada para subsanar otro tipo de deficiencias que presentan las viviendas e incluso para mejorar otros aspectos como la accesibilidad, habitabilidad y confort. Estas intervenciones, como el aumento de superficie con galerías, permiten mejorar las condiciones generales de las viviendas haciéndolas más confortables y atractivas para el usuario, y las revalorizan en el mercado equiparándolas a las viviendas de nueva construcción.

Son varias las dificultades que existen en la actualidad para acometer este tipo de rehabilitación y que provocan que los retos de la rehabilitación no solamente sean constructivos y arquitectónicos:

1. **Financiación:** Al margen de la crisis económica, en el mercado aún no hay productos financieros a largo plazo y de bajo coste específicos para rehabilitación. Tampoco existen medidas fiscales que incentiven la rehabilitación. Y, hasta ahora, el sector de la edificación y de la promoción se ha centrado exclusivamente en la edificación nueva.
2. **Legislativos – urbanísticos:** La normativa urbanística vigente ha estado centrado en el crecimiento urbano y no se han explorado mecanismos normativos en torno a la regeneración urbana: aumento de aprovechamientos, superficies, cambio de alineaciones, usos,...
3. **Sector de la edificación:** no existe un sector especializado en la rehabilitación que posibilite optimización de los costes y de la gestión.
4. **Toma de decisiones:** el 82% de las residencias primarias españolas está ocupado por sus propietarios y más de la mitad de los hogares se encuentran en construcciones con al menos 5 viviendas (Tragopoulos & Sweatman, 2012, pag. 6). Las decisiones se toman en la comunidad de propietarios, que dado la heterogeneidad de los intereses y de las situaciones personales dificultan y ralentizan la toma de decisiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COM (2011) 885 de 15.12.2011, 2011, *Hoja de Ruta de la Energía para 2050*, Comunicación de la Comisión Europea.

Cuchí, A. & Sweatman, P., 2011, *Una visión-país para el sector de la edificación en España*. Hoja de ruta para un nuevo sector de la vivienda, Grupo de trabajo sobre la rehabilitación, Madrid.

Cuchí, A. & Sweatman, P., 2011, *Informe GTR 2014. Estrategia para la rehabilitación. Claves para transformar el sector de la edificación en España*, Grupo de trabajo sobre la rehabilitación, Madrid.

Tragopoulos, G. & Sweatman, P., 2012, *Retos y oportunidades de financiación para la rehabilitación energética de viviendas en España*, WWF/Adena, Madrid.

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS Y DISTRITOS PÚBLICOS EUROPEOS MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE NUEVOS DESARROLLOS DE PRODUCTO

Amaia Uriarte Arrien, Investigador, TECNALIA Research & Innovation
Eneritz Barreiro Sánchez, Gestor de Proyectos, TECNALIA Research & Innovation
Víctor Sánchez Zabala, Investigador, TECNALIA Research & Innovation
Borja Tellado Laraudogoitia, Investigador, TECNALIA Research & Innovation

Resumen: La rehabilitación energética de los edificios públicos es un objetivo prioritario de la EU. El proyecto A2PBEER demuestra que los requerimientos de los Edificios de Energía casi nula, son alcanzables en los edificios y distritos públicos a través de tecnologías adaptables y asequibles. En el marco del proyecto se están desarrollando diferentes KITS tecnológicos para reducir un 50% el consumo energético de los edificios/distritos y serán validados en 3 distritos públicos (España, Suecia y Ankara). El proceso metodológico seguido y las soluciones desarrolladas buscan la replicabilidad, por lo que deberán ser fácilmente adaptadas a distintos climas y tipologías de edificios Públicos.

Palabras Claves: Absorción, Edificios Públicos, EECN, Envolvertes, Monitorización, Rehabilitación Energética, Replicabilidad, Smart Ligthing, Smart Windows

INTRODUCCIÓN

Los edificios consumen alrededor del 40% de la energía total en Europa. Teniendo en cuenta que los edificios con peor rendimiento energético son los construidos antes de 1980, fecha en la que el aislamiento térmico comenzó a ser exigido en los edificios, y que estos representan la gran mayoría del parque edificado de Europa, la única manera de lograr los objetivos de 20-20-20 y el objetivo europeo de reducción de emisiones para 2050 es a través de la rehabilitación eficiente energéticamente de los edificios existentes.

El cumplimiento del objetivo de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en un 80-95% para 2050 respecto a 1990, implica especialmente la necesidad de rehabilitación del parque edificado europeo a un ritmo anual de 2,9% frente al actual 1,2%.

Las tecnologías y los sistemas constructivos avanzados pueden contribuir a la construcción de nuevos edificios y a la rehabilitación de los existentes con una reducción significativa del uso de energía y cumplir así con los objetivos marcados para el 2050. Sin embargo, en muchos casos, su penetración se ve dificultada por barreras de mercado como la falta de información general sobre los mismos, el desconocimiento de eficiencias, costes y la desconfianza ante nuevas soluciones que no están del todo demostradas.

En este sentido, por la importancia en el PIB y de su parque inmobiliario, el sector público de la Unión Europea representa un motor para estimular la transformación del mercado hacia productos, edificios y servicios más eficientes, así como para provocar cambios de comportamiento en el consumo de energía por parte de los ciudadanos y superar dichas barreras de mercado [1]. La Administración como potenciador de mercados actúa introduciendo nuevas soluciones en sus promociones e incluyendo parámetros de compra verde. Como promotor, la Administración implanta y valida el comportamiento de nuevas soluciones en sus edificios; y mediante la aplicación de determinados códigos de valoración o criterios de bajo consumo energético cuando aún estos son de carácter voluntario, contribuye, a la concienciación y formación de los equipos facultativos y los constructores en los ámbitos de la sostenibilidad. [2]

En respuesta a esta necesidad de rehabilitación de los edificios y el papel catalizador del sector público, la nueva Directiva de Eficiencia Energética 2012/27/EU tiene como objetivo que el sector público lidere el mercado de la rehabilitación. Para ello, los estados miembros garantizarán, a partir del 1 enero del 2014, la renovación anual del 3% de la superficie total de los edificios que tenga en propiedad, con requisitos rendimiento energético mínimos. En este marco, el proyecto A2PBEER, Affordable and Adaptable Public Buildings through Energy Efficient Retrofitting, cofinanciado por el 7º Programa Marco de la Unión Europea, demostrará que las soluciones innovadoras contribuyen a alcanzar los estándares actuales de EECN para edificios existente con periodos de retorno de la inversión inferiores a 7 años, con especial énfasis en aquellos edificios agrupados en distritos que en la actualidad presentan baja eficiencia energética.

El proyecto cuenta con 22 socios que representan a toda la cadena de valor de la edificación desde la perspectiva de ciclo de vida del edificio; estando involucrados centros de investigación e industriales para el desarrollo y suministro de nuevas soluciones, que se integran por los arquitectos y constructoras en el diseño y ejecución del proyecto de rehabilitación de los edificios, bajo los requerimientos de los usuarios y propietarios de los edificios.

EL PROYECTO

El objetivo del proyecto A2PBEER es demostrar que se pueden alcanzar los actuales requisitos de los edificios Zero Energía en los edificios ya existentes. El proyecto incluye el desarrollo, evaluación y demostración de nuevos KITS de soluciones tecnológicas y una metodología sistémica innovadora de rehabilitación de Edificios Públicos y Distritos que es fácilmente implementable en distintas zonas climáticas y tipologías de edificios

La viabilidad técnico-económica y la replicabilidad de la nueva metodología y tecnologías se valida mediante el diseño y ejecución del proyecto de rehabilitación y la monitorización de 3 edificios y distritos públicos reales construidos en los años 60 y 70.

Uno de ellos es un edificio de oficinas en un campus universitario en España; el segundo es un edificio de dormitorios de estudiantes en un complejo educativo en Turquía y el último es un museo de tecnología en un distrito urbano que integra usos residenciales y terciarios.

DISTRITOS REALES		
País: España Tipo de edificio: Oficinas Tipo de distrito: campus universitario o Close District (CD)	País: Turquía Tipo de edificio: Residencia de estudiantes Tipo de distrito: Complejo educacional o Close District (CD).	País: Suecia Tipo de edificio: Museo tecnológico Tipo de distrito: distrito urbano u Open District (OD)
		

Figura 1. Edificios demostradores.

Estos edificios se caracterizan por tener unas elevadas exigencias de confort interior (calidad de aire e iluminación) y sin embargo sus calidades constructivas y sistemas de generación e iluminación son significativamente mejorables, lo que sitúa el consumo energético actual de los tres demostradores en torno a 210-145KWh/m² y año.

Existe un potencial de reducción del consumo energético significativo si se actúa sobre su envolvente opaca y transparente, los sistemas de iluminación natural y el aprovechamiento de las renovables. El proyecto A2PBEER quiere demostrar que es factible conseguir reducciones del consumo energético

superiores al 50% con la implementación de nuevos desarrollos tecnológicos, cuyos periodos de retorno son inferiores a los 7 años.

Desarrollos tecnológicos del A2PBEER

Las tecnologías en desarrollo en A2PBEER conforman tres kits de soluciones de rehabilitación fácilmente configurables a las características de los edificios, y están destinados a reducir la factura energética de climatización e iluminación. Así, el primer kit está constituido por soluciones de altas prestaciones para la envolvente opaca y transparente; el segundo, por sistemas inteligentes de iluminación, y el tercero, posibilita integrar el edificio en una “Red inteligente de distrito de calor y de frío”.

Soluciones de altas prestaciones para la envolvente opaca y transparente

La fachada de los edificios es en general, la principal causa del alto consumo de energía, debido en muchos casos al bajo nivel de aislamiento. En la actualidad, aislar la envolvente de los edificios, tanto en la parte opaca como en la transparente, es una de las medidas con mayor viabilidad económica.

En lo que respecta a la parte opaca, existen muchos materiales aislantes comercialmente disponibles que se han venido utilizando desde los años 80, y a medida que las exigencias de consumo específico para los edificios se han ido reduciendo, se ha incrementado el espesor del mismo. Sin embargo, para conseguir EECN los valores de transmitancia de muros opacos que se están prescribiendo son inferiores a 0,2 W/m²K, lo que representa espesores de aislamiento convencionales superiores a 20cm, resultando en la reducción de la superficie útil de los edificios, o en un problema en los entornos urbanos.

A2PBEER plantea actuar ante esta limitación, mediante el desarrollo de sistemas de rehabilitación por el exterior o interior de la fachada con paneles de aislamiento al vacío (VIPs). Los VIPs tienen un poder aislante entre 5 y 8 veces superior a los aislantes convencionales y permiten conseguir las mismas prestaciones en espesores reducidos. Sin embargo su integración en la edificación representa un reto, dado que los paneles son susceptibles de perder sus propiedades cuando se pinchan o recortan lo que dificulta su instalación. El sistema desarrollado deberá tener en cuenta estos y otros requisitos para que el producto sea técnico-económicamente viable y sea susceptible de integrarse en la edificación.

Además de la fachada opaca, los huecos representan en la actualidad otra de los puntos débiles de la envolvente. La transmitancia de los huecos se ha reducido al sustituir vidrios simples por dobles y por el uso de capas bajo emisivas. Una capa colocada en el cara 3 maximiza las ganancias solares y minimiza las pérdidas de calor (adecuado para invierno), mientras que las capas bajo emisivas que minimizan las ganancias solares (deseable en verano) se aplican en la cara 2. Sin embargo en la mayoría de las ubicaciones de Europa, lo más deseable es maximizar las ganancias en invierno y minimizarlas en verano. Las tecnologías actuales, no consiguen esta funcionalidad dual sin penalizar otro requisito de confort interior, la transmisión de luz visible. A2PBEER desarrollará una nueva carpintería que permita la rotación de la capa bajo emisiva, de forma que se consiga el mejor comportamiento en invierno y verano sin penalización de transmisión de luz visible.

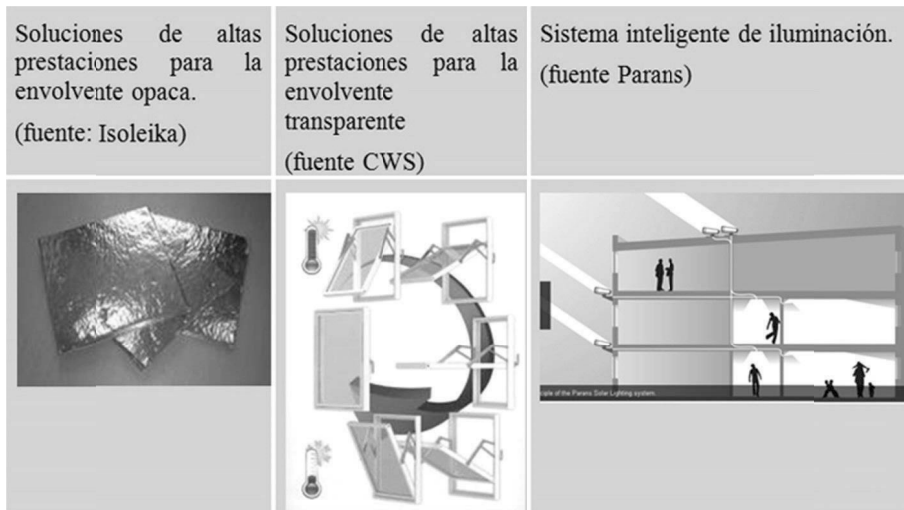


Figura 2. Nuevos desarrollos de soluciones de altas prestaciones para la envolvente opaca y transparente (izquierda y centro) y sistema inteligente de iluminación (derecha).

Sistema inteligente de iluminación

Los edificios públicos se caracterizan en muchos casos por desarrollar actividades o usos con requerimientos de iluminación (uniformidad de iluminancia, distribución, color, deslumbramientos) muy rigurosos y en muchos casos durante un horario muy extenso como puede ser el caso de edificios de oficinas, educacionales o centros de salud. Ello condiciona a que en la actualidad el consumo específico de iluminación en este tipo de edificios ascienda a 25-48 kWh/m² y año, mientras que las nuevas tendencias en la comunidad internacional tienden a limitar el consumo a 10 kWh/m²[3].

A2PBEER desarrolla soluciones que contemplen la captación, transporte y aprovechamiento de luz solar mediante fibra óptica, el suplemento mediante LEDs y el sistema de control que integrará el control de presencia y los niveles de iluminación.

Red inteligente de distrito de calor y de frío

Los edificios públicos se caracterizan por tener elevadas demandas de refrigeración condicionadas por las elevadas cargas internas y superficies acristaladas que incrementan las ganancias solares. Sin embargo, no es difícil de encontrar edificios que no satisfacen las condiciones de confort en verano, y son aún menos aquellos que satisfacen dicha demanda con sistemas eficientes.

La propuesta de A2PBEER es una solución que integra sistemas de absorción para generar frío. El frío se genera en el sistema de absorción de triple estado patentado por ClimateWell, que hace uso de calor residual de una cogeneración o radiación solar como foco caliente que posibilita el cambio de estado y la generación de frío.

Este concepto de red térmica propuesto es especialmente adecuado en términos de eficiencia y rentabilidad, cuando la planta central del sistema de calefacción de distrito se basa en la cogeneración, y especialmente, si se utilizan combustibles renovables.

Metodología holística de rehabilitación

Los edificios son un sistema térmico complejo, en el que los distintos elementos que lo conforman (envolvente, sistemas, usos, etc.) interactúan entre sí, resultando imposible deducir el comportamiento final del mismo como suma de las actuaciones o tecnologías individuales. Es por ello que A2PBEER está desarrollando y estableciendo una metodología de rehabilitación energética sistémica, que garantice que se alcancen las condiciones de confort en el edificio con el mejor ratio de coste/efectividad, y tenga en cuenta todo el ciclo de vida del edificio y su interacción con el resto de edificios en el distrito.

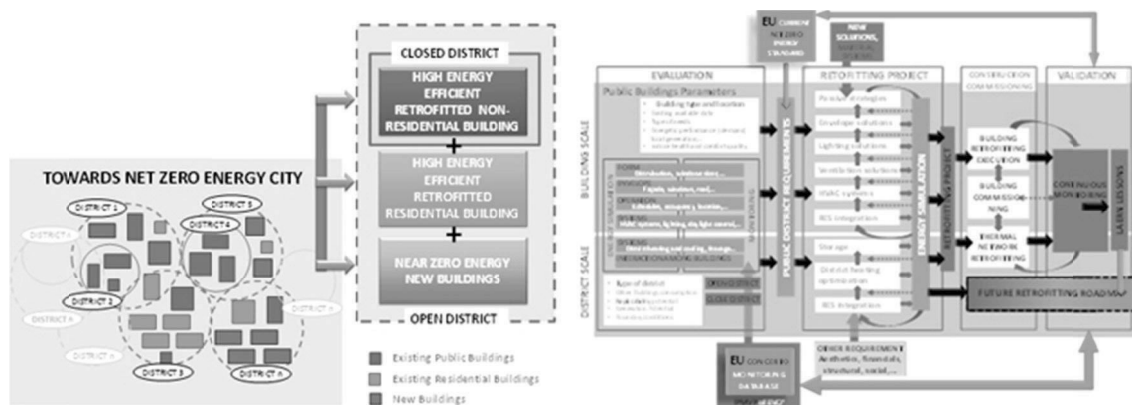


Figura 3. Aproximación sistémica para la rehabilitación de distritos y edificios EECN.

Los aspectos económicos son críticos en la toma de decisión de la rehabilitación y en la futura replicabilidad de la metodología, por lo tanto en cada etapa, la selección de las estrategias tendrá en cuenta la viabilidad técnico-económica de las soluciones, el costo de mantenimiento y los periodos de retorno de la inversión (ROI). Así, la metodología contempla la posibilidad de valorar el coste efectividad de las soluciones en distintos periodos de tiempo, y tiene en cuenta, tanto las soluciones actualmente disponibles en el mercado como las tecnologías más emergentes para reducir de la demanda, la integración de renovables y compartir el excedente de energía con el entorno colindante. En consecuencia, los edificios serán analizados desde una triple perspectiva (1) como consumidores de energía, (2) como generadores de energía y (3) como sistemas de almacenamiento de energía térmica.

Por lo tanto la metodología A2PBEER complementará las metodologías ya existentes para el diseño de edificios Zero energía y la rehabilitación de edificios residenciales.

Monitorización

La monitorización tiene como objetivo evaluar el comportamiento energético real de los edificios antes y después de la intervención de rehabilitación. Provee los consumos energéticos específicos reales a los que se puede llegar, y el potencial de ahorro resultante de la aplicación de la metodología sistémica y las soluciones seleccionadas.

Así, se ha diseñado una campaña de monitorización en continuo para medir el (1) consumo de energía eléctrica asociado a la iluminación y a los sistemas de ventilación, (2) el aporte de calor de los sistemas de calefacción y frío, (3) las condiciones en el interior de los edificios –iluminación, temperatura, humedad relativa y la concentración de CO₂- y (4) las condiciones climáticas exteriores (temperatura de bulbo seco, humedad relativa, velocidad y dirección de viento, radiación solar, sensor de lluvia). La monitorización en continuo se complementa con termo-flujometría, termografía y ensayos de gases trazadores para la caracterización del comportamiento y prestaciones de la fachada antes y después de la rehabilitación.

La monitorización, por tanto, validará los resultados energéticos obtenidos en la fase de diseño mediante el uso de herramientas de simulación dinámica, e identificará aquellos aspectos en los que se debe incidir para conseguir EECN.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El proyecto A2PBEER demostrará que, mediante sistemas innovadores de rehabilitación y una aproximación sistémica, es técnicamente viable y rentable reducir el consumo energético actual de los edificios públicos existentes en más del 50%.

La monitorización energética de los edificios pre y post-intervención durante un período de un año, permitirá validar estos resultados, así como comparar la efectividad de distintas soluciones en diferentes edificios públicos ubicados en 3 localizaciones europeas distintas.

El fin último es movilizar la renovación del parque edificado existente en Europa hacia modelos de edificios y distritos de energía casi nula y reducir así, en más de un 85%, las emisiones de gases de efecto invernadero de este sector en 2050.

Rehabilitación energética en Europa. Perfil de grado de profundidad

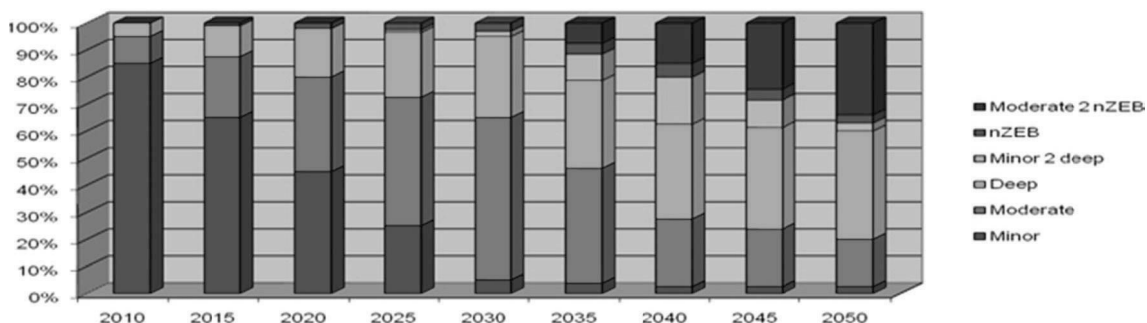


Figura 4. Incremento estimado del grado de profundidad de la rehabilitación energética en el parque edificado de la UE en el periodo 2010-2050.

Para alcanzar este objetivo es necesario que, en el periodo 2010-2020, se renueven en profundidad más de 300.000 edificios públicos en el conjunto de Europa. Si se considera la renovación profunda, como un paso previo hacia los edificios de energía nula, puede decirse que el proyecto A2PBEER contribuye al standard de energía neta cero movilizándolo el mercado de renovación profunda.

RECONOCIMIENTOS

La investigación que ha dado lugar a estos resultados ha recibido financiación del Séptimo Programa Marco de la Unión Europea [PM7/2013-2017] en virtud del acuerdo de subvención nº [609060].

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DIRECTIVA 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética, de 25 de octubre de 2012.
 - [2] N. Tellado, A. Uriarte. *Retos y oportunidades para la transición de la edificación hacia la sostenibilidad.*, Ekonomiaz-75 3.er cuatrimestre, 2010.
 - [3] P. Bertoldi & B. Atanasiu. *Characterization of Residential Lighting Consumption in the Enlarged European Union and Policies to Save Energy*, DG Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, 2008.
 - [4] *Europe's buildings under the microscope*. Buildings Performance Institute Europe, 2010.
 - [5] Pierre Renaud, Joëlle Hars et al *Explosion of energy demand for air cooling in summer: perspectives and solutions*, CISBAT 2009, Lausanne, September 2-3.
- DG Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, 2008.

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO DE OFICINAS: HACIA UN NUEVO EDIFICIO DE CONSUMO CASI 0 DE ENERGÍA

Felipe Pich-Aguilera, Pich-Aguilera Architects
Pau Casaldaliga, Pich-Aguilera Architects
Jordi Camps, Pich-Aguilera Architects

Resumen: El presente artículo muestra un ejemplo de rehabilitación energética de un edificio oficinas. El artículo resume una propuesta a un concurso convocado por la Junta de Andalucía que no fue ganadora. No obstante por el grado de detalle del análisis energético se presenta como un buen ejemplo de metodología de trabajo. La rehabilitación energética se trata de una disciplina dentro del campo de la arquitectura que se detecta como una necesidad de presente y futuro para minimizar el impacto ambiental de la edificación al mismo tiempo que permite potenciar el crecimiento y actividad económica en Europa. En climas como el que se sitúa el proyecto presentado el control de la demanda de calefacción, refrigeración y calidad de luz (artificial y natural) son factores claves para abordar un proyecto con éxito. También estas nuevas arquitecturas pueden significar una actualización y mejora de la imagen arquitectónica del edificio a la vez que, como se justifica en el artículo significa a una inversión económica con un retorno parametrizable e interesante.

Palabras Claves: Aislamiento Térmico Exterior, Células Fotovoltaicas, Control Solar, Plantación Hidropónica, Reducción de Demanda Energética, Reflectores, Rehabilitación Energética, Super-lamas

DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL EDIFICIO

El edificio actual consiste en un volumen prismático exento de 14 plantas sobre un zócalo de una planta, con uso principal administrativo en la ciudad de Málaga. España.

El acceso se produce en la fachada norte del mismo. Una escalera metálica exterior de evacuación sobresale notablemente en el centro de la fachada sur.



Figura 1. Fachada Sur, Este, Oeste y Norte.

Los cerramientos del inmueble consisten en; Fachadas mayormente opacas a base de muros aplacados con piedra en planta baja; y en el volumen principal muro cortina con perfiles de aluminio y vidrios simples, con alternancia de franjas horizontales transparentes y opacas. Pilares por el exterior revestidos de chapa de aluminio.

Si bien las condiciones de confort actuales son prácticamente aceptables, el consumo necesario para satisfacerlas resulta exagerado debido principalmente a una envolvente claramente ineficiente y en segundo lugar a causa de unas instalaciones de climatización e iluminación mejorables.

La prioridad es actuar sobre la envolvente del edificio. La intervención a nivel del sistema de climatización incorpora también adecuaciones a nivel de renovaciones de aire (mediante recuperadores de calor). Finalmente el sistema de alumbrado es sustituido por una de mayor eficiencia.

El consumo de energía primaria en el global del edificio es de 208,2 kWhm²/año.

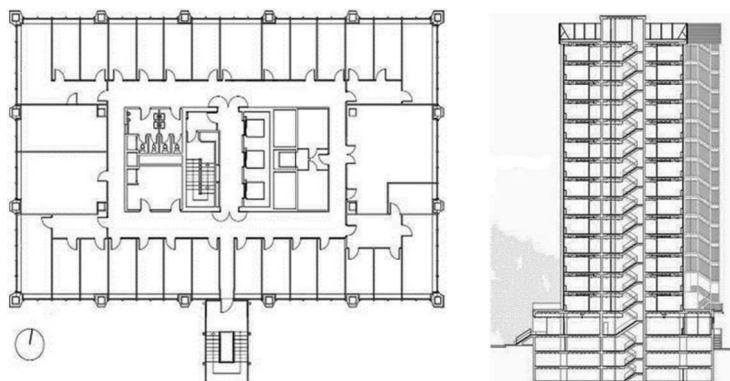


Figura 2. Planta tipo y sección transversal.

MEJORA DEL CERRAMIENTO DEL EDIFICIO

En primer lugar, y en respuesta a la exigencia de hacer compatible la intervención con el uso normal del inmueble, se opta por conservar la fachada existente y acometer todas las mejoras desde el exterior.

Un edificio de oficinas tiene una gran carga interna por lo que se hace indispensable reducir las ganancias térmicas debidas a la radiación solar. Como el edificio existente no dispone de ningún sistema de protección solar será prioritario prever una nueva envolvente que bloquee dicha radiación, a la vez que preserve las vistas desde el interior hacia el exterior y ofrezca una nueva imagen representativa del nuevo paradigma de edificación sostenible.

La solución de fachada actual consiste en un muro cortina obsoleto, con alta transmitancia, que implica grandes pérdidas térmicas en invierno y un cierto grado de discomfort vinculado al alto gradiente de temperatura de la zona perimetral respecto a zonas más interiores. Por esta razón se propone aislar exteriormente las franjas opacas de todas las fachadas. De esta manera se incide también, mediante la introducción de color, en la configuración de la nueva imagen del edificio.

Cada propuesta de mejora, se analiza por separado en cada una de las orientaciones y luego en conjunto, utilizando el programa de simulación LIDER del Código y otras herramientas informáticas de simulación de radiación solar e iluminación. Para analizar la efectividad de cada estrategia se han comparado los valores obtenidos con los correspondientes a la simulación del edificio actual.

Programas utilizados: LIDER: demanda energética del CTE; PVSYST: simulación de producción fotovoltaica; ARCHIWIZARD: simulación de demanda energética, radiación solar incidente y contribución de iluminación natural.

Mejoras. Fachada sur

Para la fachada Sur se propone una estructura auto portante anexa a la fachada que funciona como protector solar, integrada con células fotovoltaicas y jardineras hidropónicas en cada uno de sus elementos.

Protección solar

Unas super-lamas evitan la radiación directa de la fachada sur durante la mayor parte del año, a excepción de algunas horas de los meses de invierno.

Los elementos de protección solar están posicionados en el plano vertical más alejado de la fachada actual, coincidiendo con el plano sur exterior del volumen de la escalera de emergencias.

La superficie inclinada de las lamas de la persiana se puede utilizar para integrar células fotovoltaicas que satisfacen hasta el 6,5% del consumo.

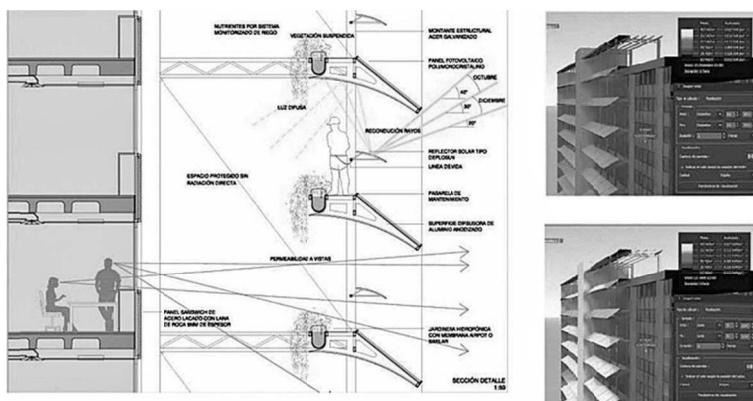


Figura 3. Protección solar mediante super-lamas.

Plantación hidropónica

El lado interior de los elementos de sombreado reincorpora jardineras hidropónicas para el crecimiento de plantas colgantes que acaban de modular la temperatura del aire de la galería y ofrecen la visión de un jardín vertical a las oficinas.

Los módulos de jardinera se componen de una membrana drenante y transpirable tipo Airpot o similar, relleno de fibras de coco y un sistema monitorizado de riego que además proporciona los nutrientes necesarios a las plantas.

Control de la radiación solar

Integración de dispositivos de reflexión y difusión de la luz solar para ofrecer un nivel adecuado de iluminación natural sin deslumbramientos. Se prevén reflectores tipo Deposun o similar y superficies difusoras en el intradós de las lamas de aluminio anodizado. Esta intervención evitará el uso de persianas interiores de control solar.

Acceso de mantenimiento

Las super lamas incluyen pasarelas de mantenimiento equipadas con líneas de vida y accesibles desde los rellanos de la escalera de emergencia.

Ahorros

En cuanto a la fachada sur, se propone una estructura auto portante adjunta a la parte delantera de la misma que funciona como un filtro solar, células solares e integradas con jardineras hidropónicas en cada uno de sus elementos.

Mejoras. Fachada Este y Oeste

Dada la incidencia rasante de los rayos de sol, perpendiculares en planta a estas fachadas, se ha optado por diseñar un filtro continuo, que reduzca significativamente la radiación solar a la vez que conserve las vistas de las oficinas hacia el exterior.

La solución técnica se compone de; Bandejas horizontales de chapa de aluminio deployé colgadas; y Montantes verticales de aluminio anodizado anclados a los montantes verticales de la fachada existente situados cada 125cm.

Se ha estudiado los múltiples modelos existentes de deploys, eligiendo como solución óptima El cristal 200 colocado a 0º, ya que así se obtiene un valor global de factor solar de 0.23, permitiendo una buena permeabilidad a la visión.

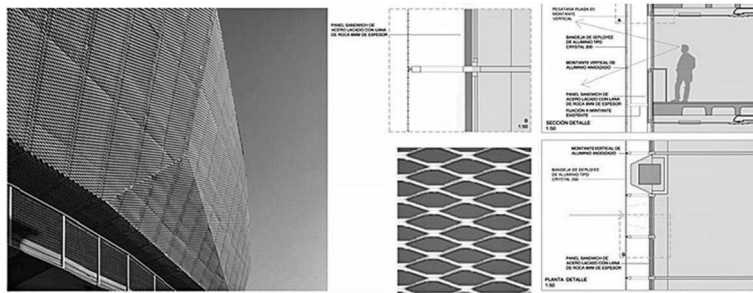


Figura 4. Envolvente.

La envolvente se mejora revistiendo las fachadas con una superficie metalica tipo "deployee", con subestructura autoportante metalica, estructura de anclaje al edificio de 40 a 50 cm de distancia.

Mejoras. Fachada Norte

Para bloquear la radiación rasante proveniente de noreste y noroeste, se han diseñado lamas verticales de aluminio, como extensión de los montantes de la fachada existente. Dichas lamas consisten en perfiles extraídos de aluminio anodizado de 60cm de profundidad.



Figura 5. Lamas Verticales de Aluminio.

Mejoras. Aislamiento exterior

Finalmente se propone añadir aislamiento térmico por el exterior en las bandas horizontales opacas del edificio actual. Esta propuesta está orientada a mejorar el comportamiento térmico de edificio en los meses fríos del invierno, con el objetivo de reducir la demanda de calefacción y obtener unas temperaturas de confort en el interior del edificio en invierno. La nueva solución constructiva se compone de; Panel sándwich de acero lacado anclado a pestañas fijadas a los montantes verticales existentes; y Aislamiento interior de lana de roca de 0.041 W/mk. de 80mm de espesor. Al introducir esta nueva capa en el cerramiento del edificio conseguimos reducir la U del cerramiento del edificio de 3.55 W/m²K a 0.66 W/m²K.

Ahorros

El funcionamiento de la fachada norte se mejora solo por la reducción de la luz excesiva del día mediante la instalación de una subestructura de lamas adjunta a la pared cortina y estructura del edificio HA.

En lo que se refiere a la intervención en la envolvente, hay que señalar que la inversión es mayor para la fachada sur. Como ya se ha descrito anteriormente, incorpora dos elementos singulares: la vegetación y la producción fotovoltaica. Estos elementos actúan de una manera activa en el edificio: el efecto de la refrigeración evo – transpiración (vegetación) y la producción de energía eléctrica (paneles fotovoltaicos). Ambos sistemas tienen también un carácter especial dando al edificio una nueva imagen arquitectónica. En cuanto a la fachada Este-Oeste y la intervención continua de aislamiento tiene un costo a considerar que no sólo ofrece una mejora en la eficiencia energética, sino también un cambio de imagen y algunas actuaciones que garantizan el agua y estanqueidad del edificio. Todas estas intervenciones implican un ahorro global en el consumo de energía de alrededor de 25 %.

MEJORAS EN EL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

El sistema de climatización existente tiene unas aceptables características de producción y el funcionamiento para satisfacer las demandas actuales del edificio. Sobre esta base, la solución para mejorar la instalación consiste en la adaptación y la mejora de la instalación a pequeña escala, el aislamiento de las tuberías, la introducción de las válvulas de control, la optimización del funcionamiento, modernización de elementos en todas las secciones y unidades finales.

Sistema freecooling de suministro de aire exterior

En términos de proporcionar el aire acondicionado y el cumplimiento con el Reglamento de Instalaciones Térmicas en la envolvente de los edificios. Eso se puede lograr con mejoradores para cada planta. Estos mejoradores tienen la ventaja de que no sólo que van a extraer e introducir aire nuevo pero cruzarán los flujos respectivos con el fin de recuperar la energía (sensible y latente) con un rendimiento de casi 80%. Además, estas unidades incluyen el sistema de free cooling. El free-cooling mejora el rendimiento de la instalación actual y permite el control de la ventilación del edificio, evitando el control actual que es totalmente al azar y subjetivo de abrir y cerrar las ventanas.

Establecimiento del sistema de control y gestión del consumo de energía

Aquí se propone la instalación del sistema de control y consumo de energía. La solución se basa en el uso de las habilidades de comunicación en un bus (Mbus), un contador de energía térmica. La ventaja de trabajar con un bus es el hecho de que si el contador está configurado correctamente y conectado al bus, el sistema de lectura remota siempre ve, si en algún momento se pierde la conexión con el contador, o ha cortado el cable de bus o el contador tiene un problema, por lo que no genera incertidumbre sobre la causa y puede ser solucionado rápidamente. Además se propone el uso de los analizadores del sistema eléctrico SQUID que permiten la integración de sistema de control eléctrico, la gestión del consumo de datos en tiempo real y los parámetros de red.

Equipo propuesto

Se ha previsto el uso de los 2 sistemas principales de acción. En primer lugar, se ha previsto un sistema de recogida del consumidor, contadores, tanto de energía como fuerza y los elementos de recogida de estado como bombas y sensores de temperatura, y segundo el sistema automático de lectura de medidores y la centralización de los datos recogidos, que es la herramienta fundamental para la transferencia de datos.

Ahorros

Respecto al control climático, las máquinas existentes se mantienen, cosa que reduce significativamente el coste de la operación. Al mismo tiempo la necesidad de adaptar el sistema a las nuevas demandas de

renovación de aire y capacidad de control a través de los sistemas de TICs puede realizar el funcionamiento de dos partes que no suponen un ahorro de energía global mayor de alrededor del 10,8 %.

MEJORAS DEL SISTEMA DE ALUMBRADO

La intervención en los sistemas de iluminación se basa en el cambio de las luminarias que incorporan la tecnología LED y la introducción de sistemas de control.

Sustitución de pantallas fluorescentes de las oficinas y luminarias de garaje. Esta actuación consiste en la sustitución únicamente de las lámparas más ineficientes por otras de mayor eficiencia. En las pantallas fluorescentes se ha descartado la sustitución sólo de los fluorescentes T-8 con unos más eficientes o por otras reactancias electrónicas electromagnéticas.

La incorporación de sistemas de regulación y control en los pasillos y el uso ocasional. Esta medida permite alcanzar un mayor ahorro con menos inversión. Los sistemas de control reducen los costos de energía y mantenimiento de las instalaciones y aumentan la flexibilidad, permitiendo que haya un sistema de encendido / apagado selectivo sin que disminuya el rendimiento del servicio.

La incorporación de sensores de crepúsculo para iluminación día. Se considera una medida de regulación y control, pero se han separado de la medida anteriormente porque se considera que las dos soluciones que se pueden abordar de forma independiente. El objetivo de esta medida es el uso de la luz natural. Esta medida es especialmente beneficiosa en un edificio como el abordado.

Ahorros

La intervención en los sistemas de iluminación se basa en el cambio de las luces que incorporan la tecnología LED y la introducción de sistemas de control. Todas estas intervenciones tienen un alto costo para los componentes, pero los costos de instalación son muy bajos debido a su cotejo fácil que permite llevar un balance costo-beneficio muy interesante. Estas intervenciones representan un ahorro global en el consumo de energía de alrededor del 8,25 %.



Figura 6. Resultado arquitectónico final.

IMÁGENES DE LA PROPUESTA ARQUITECTÓNICA

El resultado arquitectónico final no se enfoca en reducir el consumo de energía del edificio, sino que también cambia toda la imagen del edificio en una grata presencia en el contexto urbano.

Ahorros

En el nivel de equilibrio económico, este tipo de intervención y los valores conservadores, teniendo en cuenta la inflación de la energía (5%) tiene un retorno de alrededor de 11,5 años. Esta amortización, junto con la tipología de la construcción y el tamaño de toda la intervención y la capacidad de control de la energía, una solución integrada de esta intervención que puede ser un modelo replicable, tanto para lo público como para lo privado.

La suma de los ahorros globales de cada intervención se cifra en 44,05 %, lo que justifica plenamente la inversión.

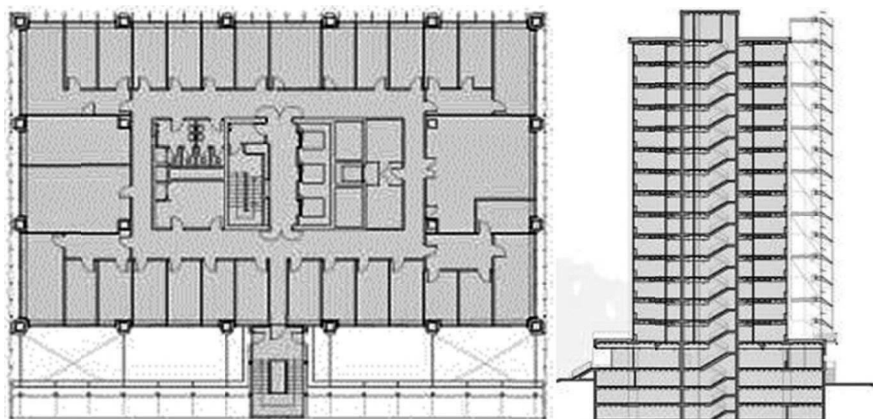


Figura 7. Planta tipo y Sección característica.

COLABORADORES

Patricia Ripoll, Arquitecta Técnica; Alex Parella, Arquitecto Leed AP. Certificador Verde; Sergi Pérez. Arquitecto/ arquitecto técnico; y Iván Luque, Arquitecto técnico.

REFERENCIAS

Felipe Pich-Aguilera, Teresa Batlle (2010). *Una realidad industrial*. DETAIL Concepto nº3 Pág. 260-263 2010 ISSN: 1578-5769

Felipe Pich-Aguilera (2010). *La hora solar*. Arquitectura Viva, nº130, pg. 40-43 2010 ISSN: 0214-12

Felipe Pich-Aguilera i Teresa Batlle (2010). *Revitalización de antiguos cuarteles a partir de un nuevo espacio climático. Criterios para la reducción de la demanda energética. Parque Científico Tecnológico Agroalimentario "Pcital". Gardeny. Lleida. Consorcio "PCITAL" Informes de la construcción nº 5172010*

Felipe Pich-Aguilera, Teresa Batlle i Josep M^a Puigdemasa (2010). *Reciclar y reconvertir para crear un espacio bioclimático*. DETAIL Green nº7 Pág. 760-761

Alain Liébard- André de Herbe. (2005). *Bioclimatic Façades*. Observatoire des énergies renouvelables.

ARQUITECTURA AVANZADA DE RESIDUOS CERO

Miguel Ángel Díaz Camacho, Investigador principal, Universidad Camilo José Cela

Resumen: Proyecto de investigación sobre las industrias asociadas al sector de la construcción con el objetivo de promover tecnologías centradas en productos retornables. Se creará una base de datos a través de una escala objetiva y mensurable identificando y cuantificando el potencial grado de retornabilidad del actual sector de la construcción. En una segunda fase y para una selección de productos se procederá a la Elaboración de un Análisis Ciclo de Vida comparando valores para el reciclaje previsto y los correspondientes a una estrategia de retornabilidad. Por último se propone confeccionar un Informe País para presentar en el Ministerio de Fomento con el objetivo de crear un marco regulador propio.

Palabras Claves: Análisis Ciclo de Vida, Arquitectura, Industrialización, Prevención de Residuos, Retornabilidad

INTRODUCCIÓN

AARCE se propone como un ejercicio de evaluación de las industrias asociadas al sector de la construcción con el objetivo de promover tecnologías centradas en productos duraderos y retornables. En un momento de crisis económica global es urgente revisar y fortalecer el tejido industrial desde la anticipación al cumplimiento de las normas europeas en materia de prevención de residuos (Directiva 2008/98/CE), que apuntan hacia la “responsabilidad ampliada del productor” para calcular los elevados costes derivados de la gestión de residuos y evitar la contaminación ambiental. En España los Impuestos Medioambientales se sitúan en el 5,2% del total de ingresos fiscales (el tercer país de la UE por la cola), lo que hace prever un importante aumento de este tipo de tasas en el futuro próximo.

Al margen del ahorro fiscal, la industria del Siglo XXI necesita un posicionamiento rotundo frente al Impacto Ambiental, reduciendo las extracciones agresivas y eliminando progresivamente la generación de residuos. Para ello se deben actualizar los procesos de producción, generando un nuevo modelo de negocio de residuos cero. Este cambio de modelo empresarial, favorecerá el progresivo establecimiento de procesos constructivos “Open building”, una evolución de la industrialización y prefabricación fracasada del Siglo XX, sin demanda social ni verdadero compromiso de la industria, a pesar de los esfuerzos individuales de muchos arquitectos por avanzar en sistemas completamente industrializados (Fuller, Prouvé, De la Sota, etc.).

La primera experiencia real de producción arquitectónica desde una estrategia de componentes retornables o residuos cero, se desarrolla en la actualidad desde MADC Arquitectos por encargo de la empresa Bristaun Sustainable Development. Las unidades habitacionales TWINS (Figura 1) se proyectan como un bien “mueble”, económico, ecológico y desarrollado íntegramente mediante tecnología low-tech. Cada unidad consta de 200 componentes, de modo que se establecen otros 200 contratos con las empresas suministradoras, que se comprometen a la reutilización y/o la recompra de sus propios productos. La experiencia hasta el momento ha sido positiva, y la propuesta funciona ya a pequeña escala con diversas empresas de la Comunidad de Madrid.

El proyecto AARCE se alinea con las líneas estratégicas del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016, concretamente el Programa Estatal de I+D+i orientada a los retos de la sociedad, Subprograma estatal orientado al reto en acción sobre el cambio climático y eficiencia en la utilización de recursos y materias primas.

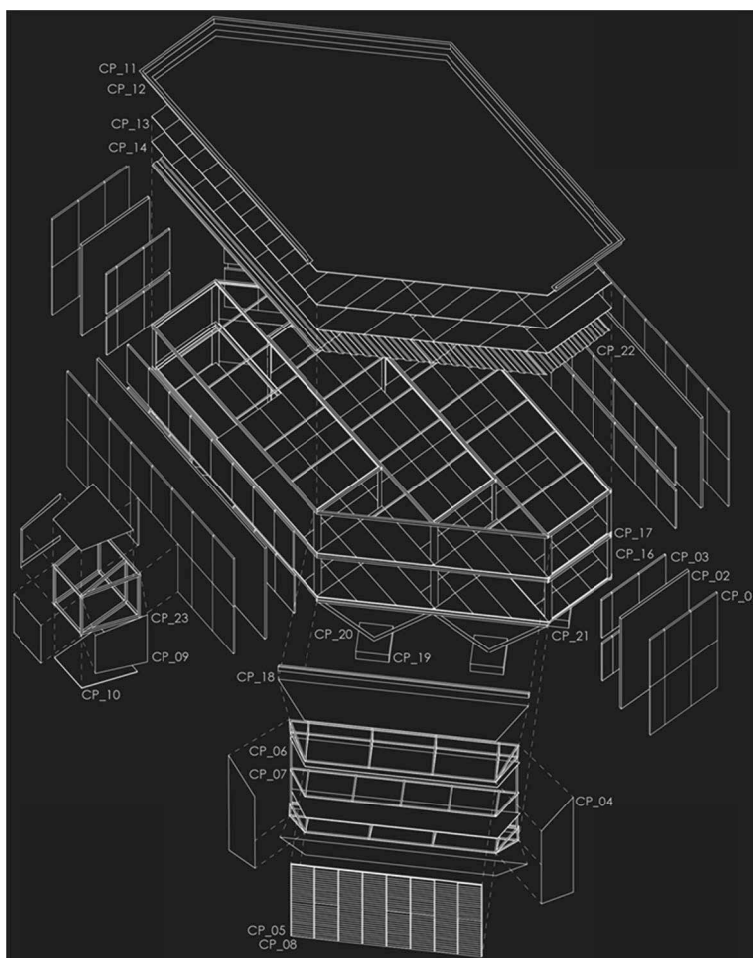


Figura 1. Proyecto AARCE.

El hecho de realizar una comparativa entre modelos de ACV puede demostrar que la puesta en cuestión de una variable culturalmente aceptada (el reciclaje), abre la puerta a nuevos escenarios de reducción de la huella de carbono en el sector de la construcción y la rehabilitación. La retornabilidad se presenta como un valor cultural creciente, íntimamente relacionado con la industria y su modelo de negocio. El cambio que se propone es de enorme calado y trascendencia.

Objetivos generales en el ámbito de la arquitectura

Al margen de los objetivos técnicos específicos del proyecto AARCE, existen una serie de supuestos previos irrenunciables que establecen el espíritu de la propuesta y que pueden resumirse en la conocida frase de Lucien Kroll: “la industria debe estar dirigida por un proyecto social”.

- Flexibilidad temporal: generar un plan específico para cada producto que establezca su grado de retornabilidad hacia su industria origen. Cualquier construcción AARCE presenta por lo tanto una fecha de desmontaje y retorno selectivo propuesta por el usuario. Esta condición efímera de la habitabilidad, plantea un intenso debate en torno dos grandes cuestiones aún no abordadas en profundidad:
- El marco legal: frente a una interesada adscripción normativa de toda construcción habitable como bien “inmueble”, el Código Civil establece de forma clara que un bien “mueble” es aquel

“que se puede transportar de un punto a otro sin menoscabo de la cosa inmueble a la que estuviera unido”. La consideración de una verdadera arquitectura “mueble” establecería un nuevo marco legal que, por un lado, impulsaría un modelo de construcción más ligero, económico y eficiente en términos de gestión de la energía, recursos y residuos; y por otro, favorecería la recuperación y puesta en valor de los numerosos “inmuebles” existentes, facilitando su renovación y adaptaciones sucesivas.

- El marco normativo: frente a una normativa prescriptiva, homogénea e indiscriminada, la variable temporal apunta hacia una normativa prestacional en función, entre otras muchas cuestiones, de la durabilidad de la arquitectura y la capacidad “retornable” de sus componentes. Además, la integración de numerosas normativas de aplicación estatal, autonómica, local, departamental, etc., favorecería la democratización de soluciones para territorios sometidos a problemáticas similares.
- Flexibilidad programática: AARCE permite la reconfiguración espacial en función de los cambios de programa que puedan desarrollarse. Al tratarse de componentes ensamblados en seco, los componentes, según la escala de cada intervención, son fácilmente manipulables e intercambiables: desde la instalación de un sistema de protecciones solares para una casa unifamiliar, un DIY gestionado por el propio usuario, hasta el montaje de una serie de unidades habitacionales mediante el ensamblaje de unidades modulares o la rehabilitación y/o ampliación de un edificio existente.
- Flexibilidad económica y recuperación de la inversión: una vez pactado el tiempo de retorno se establece el coste del producto y su valor de recompra, recuperando en cualquier caso el usuario un porcentaje de la inversión. Esta variable habilita la aparición de nuevas fórmulas de financiación asociadas a la progresiva atomización de la inversión: menor impacto económico - menor riesgo.
- Ciclo cerrado: los componentes AARCE ordenados en cualquier forma y escala de construcción, regresan a su sistema de producción en origen para su reutilización y/o reciclaje, generando una economía de residuos cero desde la propia industria. Ésta se beneficia no solo por una cuestión de branding y aporte de significado a la marca, también origina una nueva línea de negocio a través del producto reutilizado, perfectamente compatible con la comercialización convencional del producto nuevo.
- Estimulación de la inversión pública: la liberación de una parte importante de los presupuestos públicos que se destinan al tratamiento de residuos procedentes de la industria de la construcción (valor fácilmente mensurable), optimiza los recursos de la administración y re-direcciona la inversión pública hacia otras apremiantes cuestiones de carácter social: vivienda, sanidad, educación, etc.

EL PROYECTO

El grado de retornabilidad de un componente constituye un valor determinante para la Declaración Ambiental de Producto, cuyo procedimiento se desarrolla en la norma UNE-ISO 14025 de 2006. Esta declaración proporciona datos ambientales cuantificados utilizando parámetros predeterminados en las normas ISO 14040 e ISO 14044, lo que en la práctica se traduce en la elaboración de un ACV (Análisis de Ciclo de Vida). Es importante señalar que no existe un único método para la realización de un ACV ni tampoco una base científica para llegar a una puntuación global.

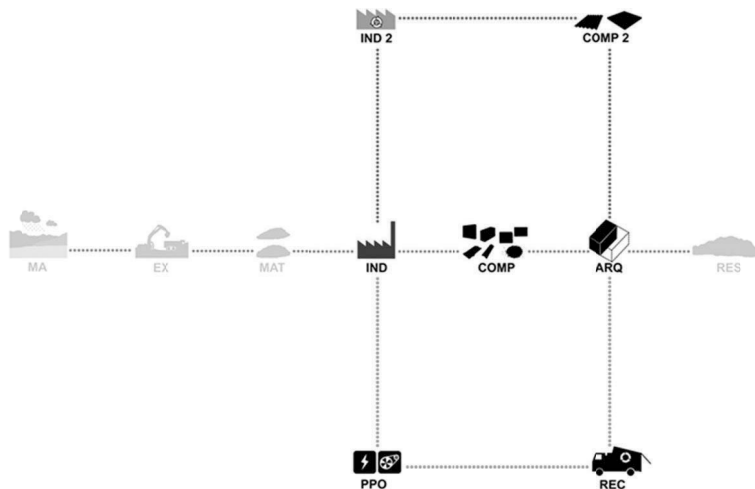


Figura 2. Esquema Ciclo de vida.

A partir de la investigación desarrollada para este proyecto se creará una base de datos o inventario valorado, a través de una escala objetiva y mensurable, identificando y cuantificando el potencial grado de retornabilidad del actual mercado del sector de la construcción. En una segunda fase y para una selección de productos de cada sector, se procederá a la Elaboración de un Análisis Ciclo de Vida comparando valores para el reciclaje previsto y los correspondientes a una estrategia de residuos cero o retornabilidad. Por último se propone confeccionar un Informe País para presentar en el Ministerio de Fomento con el objetivo de crear un marco regulador propio y específico para la construcción por componentes y retornable, una extensión o prolongación de la lógica de la construcción industrializada y su ensamblaje por componentes, que habilita procesos de desmontaje selectivo y, por lo tanto, permite la implicación de las industrias de origen en la recuperación de cada componente.

Objetivos específicos AARCE

Fase I

- Establecer parámetros de análisis relacionados con la retornabilidad (desmontaje, transporte, postproducción, durabilidad, nºciclos, etc.).
- Inventariar un número representativo de productos comerciales de cada sector de la construcción (madera, cerámica, aluminio, acero, PVC, hormigón, etc.) en base a los parámetros establecidos en el punto anterior.
- Creación de una Base de datos o inventario valorado, a través de una escala objetiva y mensurable, identificando y cuantificando el potencial grado de retornabilidad del actual mercado del sector de la construcción.

Fase II

- Elaboración de un Análisis Ciclo de Vida comparado, para una selección de productos de cada sector, su ACV medido para el reciclaje previsto y su ACV correspondiente a una estrategia de retornabilidad.
- Confeccionar un Informe País para presentar en el Ministerio de Fomento con el objetivo de crear un marco regulador propio y específico para la construcción por componentes o retornable.

- Difusión y promoción de las conclusiones con el objetivo de potenciar una arquitectura por componentes, ligera, económica y ecológica; más flexible tanto en lo temporal como en lo espacial. Respecto a la Industria: promover nuevos modelos de negocio desde la retornabilidad y el diseño ecológico de productos, aportando significado a la marca comercial e identificando positivamente a la empresa frente a su competencia. Respecto a la Administración Pública: ahorro en los presupuestos públicos generales. Liberación de una parte importante de los presupuestos públicos que se destinan al tratamiento de residuos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Fase I. Creación de una base de datos.

Se genera una ficha tipo que ha de servir para el análisis e inventariado de cada producto. La ficha establece una serie de parámetros valorados a través de una escala objetiva y mensurable. El objetivo de la “ficha producto” será cuantificar el potencial y grado de retornabilidad del producto comercial, así como de cada una de las partes que lo componen. Los productos se organizarán en base a los capítulos propios del sector de la construcción: estructuras, cerramientos, cubiertas, carpinterías, vidrios, instalaciones, acabados, etc.

Fase II. Elaboración de un Análisis Ciclo de Vida comparado.

Se realizará una selección de los productos incluidos en la base de datos, intentando incorporar al menos uno para cada capítulo. Sobre estos productos, que en el mejor de los casos deben contar con un ACV previo realizado por la propia industria, se realiza un ACV “paralelo” incidiendo en su recuperación en obra, transporte a la industria de origen (u otra secundaria especializada en su postproducción) y su retorno al mercado como un producto “retornable”, suprimiendo las etapas de mayor impacto ambiental: extracción, transporte, producción y tratamiento de residuos (Figura 2).

Para la elaboración de los ACV se utilizará el software SIMAPRO, una herramienta para el cálculo de los impactos ambientales asociados a un producto a lo largo de todo su ciclo de vida con aplicación en eco-diseño, desarrollo de eco-etiquetas, cálculo de huellas de carbono o huellas hídricas, entre otras. Todas las versiones de SIMAPRO incluyen diferentes bases de datos de referencia de reconocido prestigio científico, entre las cuales destacan ECOINVENT v3. y la European Life Cycle Database (ELCD) v2.0. SIMAPRO contiene también las principales metodologías de impacto (CML 2001 baseline, ReCiPe, Impact 2002+, IPCC 2007 GWP 100a, entre otras) y también metodologías para el cálculo de la huella hídrica como Pfister et al. 2010 o Boulay et al. 2011.

RESULTADOS (IMPACTO ESPERADO)

Para la industria: propuesta de un modelo de negocio respetuoso con el medio ambiente, que abre las puertas a una industria innovadora en materia de prevención de residuos. No se trata por tanto de la gestión de residuos ni de su reciclaje, sino simplemente de su prevención y, por lo tanto, redirigir la industria hacia una economía de residuos cero. Se abre la puerta a nuevas patentes y productos (industrias que colaboran con AARCE pero que aún no tienen ningún producto susceptible de ser reconocido como retornable), a la realización de numerosos ACV para productos que aún no lo han planteado, e incluso la formación de una Spin-off o Start-up capaz de dar servicio a proyectos y obras ejecutadas exclusivamente con productos incluidos en la base de datos AARCE.

Para la sociedad: propuesta de un nuevo modelo de construcción, más rápido, económico y ecológico. Sensibilización ante la generación de procesos y economías más respetuosas con el Medioambiente (reducción de emisiones y residuos). Reactivación de la industria y por lo tanto generación de puestos de trabajo especializados en la producción ecológica, reforzando el tejido industrial del país desde un modelo de crecimiento impulsado por la Ley de Economía Sostenible, Ley 2/2011 de 4 de marzo. Para los colectivos más “desfavorecidos” se establece la posibilidad de generar reformas, rehabilitaciones o construcciones temporales de muy bajo coste y construcción rápida (días) y 100% retornables (número limitado de componentes). Recordemos a Lucien Kroll: “la industria debe estar dirigida por un proyecto social”. Así se entiende el proyecto AARCE.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Al tratarse de un proyecto de investigación de nueva creación no se disponen aún de conclusiones científicas ni resultados mensurables. Como reflexión final sí se cree necesario apuntar la urgencia y necesidad de transformación de la arquitectura como disciplina. Es cierto que para un cambio verdadero y sustancial, será necesaria la reestructuración de numerosas variables, como la formación del arquitecto, la legislación, la normativa o la cultura y la educación de base, un reto colectivo en el que se habrán de definir las verdaderas prioridades de los asentamientos humanos para el presente y futuro. La ciudad existente se presenta como el marco de referencia, una valiosa preexistencia a respetar e implementar desde el diagnóstico multidisciplinar y participativo, una reflexión colectiva desde la que establecer la base responsable y consensuada de una posterior red de intervenciones mínimas y flexibles, económicas y ecológicas, ligeras y retornables: arquitectura comprometida a nivel social, urbano, económico y medioambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

YORK, F.R.S. “The modern house”. The Architectural Press. Londres. 1934.

PROUVÉ, JEAN. “Une Architecture pur la Industrie”. Les Editions D’Architecture Artemis. Zurich. 1971.

DEL ÁGUILA, Alfonso. “The Adaptation of Industrialized Buildings to a Changing World”. En Actas de: 16th Conference on Open and Sustainable Building. CIB W104 y TECNALIA (pag. 32 a 39). Bilbao. Mayo, 2010.

GOMÉZ, I. et al. “Sostenibilidad y Optimización de la Industrialización para vivienda” En Actas de: III Jornada sobre Investigación en Arquitectura y Urbanismo III ·IAU I+D+i. Junio 2009.

KIERAN; TIMBERLAKE. “Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction”. Ed. McGraw-Hill. USA. 2004.

KRONENBURG. R. “Flexible: arquitectura que integra el cambio” Ed. Blume. 2007.

SCHNEIDER ,T; TILL , J. “Flexible housing”. Ed. Elsevier. 2007.

VEGA, R et al. “Comparative assessment of the sustainability of industrialized construction systems” En Actas de: 16th International Conference o “Open and Sustainable Building. Bilbao, Spain. May 17-19, 2010.

MEJORA ENERGÉTICA DE LA ENVOLVENTE. FACHADA VENTILADA O SIN VENTILAR

Pablo Maroto, Project Manager, Knauf GmbH Sucursal en España

Resumen: Para realizar edificios energéticamente eficientes, uno de los pasos más importantes es reducir la demanda energética. En edificios existentes, a la hora de rehabilitarlos, existen muchas opciones, entre ellas, el utilizar un sistema de fachada ventilada o sin ventilar. Dependiendo de varios factores, hemos de considerar ventajas e inconvenientes de ambas opciones para considerar cuál sería la más idónea en cada proyecto. En el caso de edificios nuevos, hemos de buscar soluciones de fachada que tengan transmitancias térmicas muy bajas, lo que nos implica utilizar espesores de muro elevados, al no ser que demos con soluciones muy eficientes con espesores pequeños, podría ser el caso de una fachada ligera de espesor reducido con cerramiento de placa de cemento en el que se pudiera aplicar un sistema SATE, lo que nos proporcionaría eficacia, aislamiento acústico y mayor superficie útil.

Palabras Claves: Eficiencia Energética, Fachada Estanca, Fachada Ventilada, Puentes Térmicos, Rehabilitación, Sostenibilidad

INTRODUCCIÓN

Existen diferentes formas de rehabilitar energéticamente la envolvente de un edificio existente, por el interior, por el exterior o bien por una combinación entre ambas. Dentro de cada una de ellas, existen multitud de soluciones que en cada obra podrán ser más eficientes o menos, o será la mejor candidata por las características de la obra en sí. Hay una clara diferencia entre la rehabilitación por el interior y por el exterior, y es la corrección de los puentes térmicos. De una forma general, por el interior se deben estudiar más a fondo ya que por el exterior, el sistema constructivo es continuo y resolvemos de una manera más sencilla estos puntos conflictivos. Estos puentes térmicos, tiene un papel importante en el balance energético de un edificio, en general, las pérdidas o ganancias térmicas por la fachada supone más del 30% en edificios poco aislados, y los puentes térmicos lineales pueden suponer más del 30% de la propia fachada. Una vez hemos aumentado el aislamiento en la envolvente, los puentes térmicos mal resueltos, pueden representar un porcentaje elevado de las nuevas pérdidas o ganancias por la envolvente. En un edificio sin aislar, este puente térmico prácticamente no se manifiesta.

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE LA ENVOLVENTE

Analizando el comportamiento térmico de la fachada, podemos decir que a mayor resistencia térmica, más tardará en transmitirse la energía a través de la envolvente. Esta transmisión de energía es lo que denominamos flujo de calor, de la parte más caliente a la más fría. Se puede hacer un símil con los flujos hídricos, cuando disponemos de un sistema cerrado, los dos elementos se equilibran, existirá un traspaso de líquido hasta conseguir el equilibrio cuando ambos elementos están conectados, cuando uno de los elementos no está cerrado, tenemos que aportar continuamente líquido para que estén equilibrados, es lo que nos ocurre en un edificio, no conseguiremos ese equilibrio hasta que incorporemos más energía y de forma continua.

Este flujo de calor, al igual que los líquidos, siempre busca el camino más fácil, y en este caso, es el de menor resistencia. Esto tiene una relación directa con los puentes térmicos, el grado de aislamiento final o retención de líquido, dependerá del punto más débil, de ahí la importancia de los puentes térmicos en un edificio. Hasta no hace mucho, no se tenían muy en cuenta, por ejemplo en el gran parque inmobiliario de antes de la entrada en vigor de la NBE CT 79.

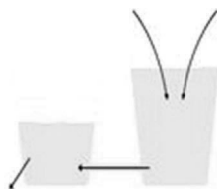


Figura 1. Flujo hídrico sistema abierto.

Cuando tenemos que hacer una rehabilitación energética en un edificio, hemos de conocer por dónde tenemos pérdidas o ganancias considerables de energía, para poder intervenir de una manera eficaz. Un puente térmico es una parte de la envolvente de un edificio donde la resistencia térmica normalmente uniforme cambia significativamente debido a:

- Penetraciones completas o parciales en el cerramiento de un edificio.
- De materiales de diferente conductividad térmica; y/o un cambio en el espesor de la fábrica; y/o una diferencia entre áreas interiores y exteriores, tales como intersecciones de paredes, suelos o techos.

Puede suceder que, aumentando el aislamiento térmico en la envolvente, estemos manifestando aún más ese puente térmico, aumentando el flujo de calor en los puntos débiles por el símil anterior hídrico.

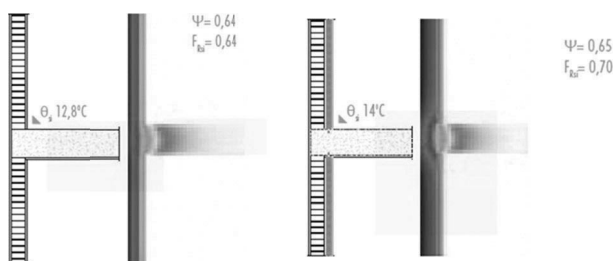


Figura 2. Importancia del puente térmico. Izquierda: Um 2,32 W/m2K Fachada sin rehabilitar. Derecha: Um 0,53 W/m2K Fachada rehabilitada mediante trasdosado autoportante Knauf W625.es 63/600 + LM.

En el ejemplo anterior la mejora en la temperatura superficial en la unión entre fachada y forjado es ligeramente mejor alrededor de 1,2°C, pero el puente térmico lineal prácticamente es el mismo incluso ligeramente superior de $\Psi=0,64$ a $\Psi=0,65$. Puede ocurrir que dependiendo de la solución adoptada, el puente térmico lineal no mejore significativamente, aunque la transmitancia global del cerramiento, incluido los puentes térmicos, sí mejore. Por este motivo es imprescindible controlar estos puntos para evitar condensaciones a pesar de que hayamos mejorado el aislamiento del cerramiento. En el caso de una rehabilitación por el exterior, los puentes térmicos quedan resueltos.

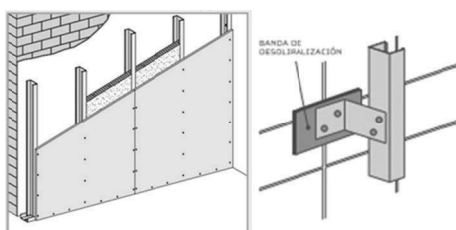


Figura 3. Sistema de rehabilitación por el interior. Izquierda: Trasdoso autoportante Knauf W625.es. Derecha: Unión de montante con muro mediante banda acústica.

Otro puente térmico a considerar, es el que puede llegar a tener la propia solución constructiva cuando se rehabilita la envolvente. Es el caso del trasdosado autoportante por el interior de la fachada (figura 4), en el que de forma habitual (dependiendo de la altura) se colocan unos anclajes o uniones para rigidizar la estructura.

Si estos puntos de anclaje no están bien resueltos, es posible que por estos puntos, por muy insignificantes que sean, puedan provocar un flujo de calor mayor, llegando a penalizar la transmitancia del conjunto de la fachada. Además, estas uniones influyen directamente con la eficacia acústica del sistema, cuando más uniones rígidas incorporemos, mayor es la transmisión acústica a través de la solución. Este tipo de detalle se puede dar en multitud de sistemas, pudiéndose trasladar a las fachadas ventiladas o estancas y a los SATE.

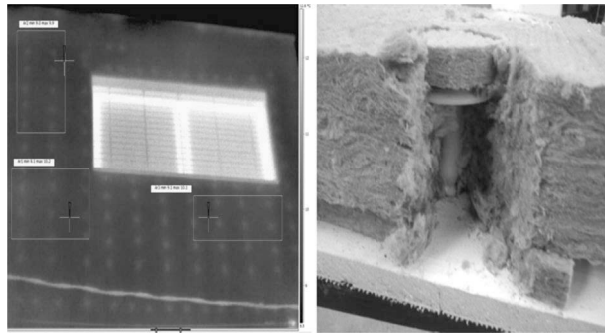


Figura 4. Termografía sistema SATE con sus anclajes. Izquierda: Sistema SATE donde se aprecian los puentes térmicos a través de las fijaciones del propio sistema. Derecha: Fijación del aislamiento con anclaje embebido en la lana mineral para minimizar los puentes térmicos.

La continuidad del aislamiento, también juega un papel importante en las diferentes soluciones constructivas, siendo más eficaces aquellas en que el aislamiento sea continuo, es el caso de los sistemas de trasdosados con aislamiento por detrás de los perfiles, sistemas de trasdosados directos, en rehabilitación por el interior, y por el exterior, sistemas SATE con aislamiento directo sobre fachada, o bien fachadas ventiladas o estancas donde el aislamiento también es continuo.

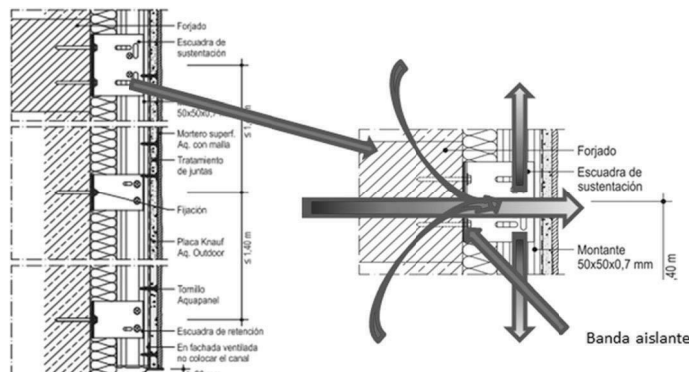


Figura 5. Sistema de rehabilitación de fachada mediante sistema Knauf Aquapanel WL121C.es (fachada no ventilada).

En el caso de una rehabilitación por el exterior, se puede afrontar con diferentes sistemas que a veces, se hace difícil ver cuál es la más eficiente acústica y térmicamente, resistente a impactos, duradero, etc. Sin entrar principalmente en el concepto económico, aunque finalmente se valorará el coste/eficiencia.

En el caso de sistemas para rehabilitación con estructura metálica, podríamos diferenciarlas de varias formas, pero en nuestro caso las englobaremos en, ventilada y no ventilada (estanca). En el caso del sistema Knauf Aquapanel, se puede realizar una rehabilitación, manteniendo el mismo acabado y por tanto misma estética, dejando una cámara ventilada o sin ventilar. Es importante el tipo de aislamiento a incorporar en las dos situaciones. En el caso de fachada ventilada es recomendable un aislamiento protegido y tener muy en cuenta la reacción al fuego según lo establecido en el CTE SI siendo como mínimo de Bs3d2, además ha de ser un material no hidrófilo (<math><1\text{Kg/m}^2</math> de absorción de agua en inmersión durante 24 horas).

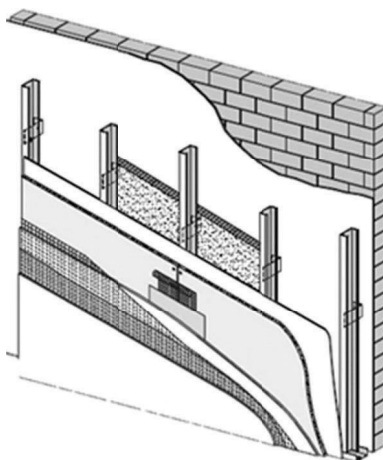


Figura 6. Sistema Knauf Aquapanel.

Un sistema de fachada ventilada tiene sus ventajas e inconvenientes respecto a una fachada estanca. Entre ambas soluciones, el comportamiento energético puede variar considerablemente, en función de la zona climática y orientación del edificio. Parece obvio que una fachada ventilada favorece el comportamiento higrotérmico de la solución constructiva, evitando que se caliente el aire de la cámara y que éste a su vez transmita calor por convección al interior del edificio. Por otro lado favorece la eliminación del vapor de agua que procede del interior. Para que exista o se garantice el efecto chimenea, esta cámara debe tener un espesor mayor de 3 cm, también el efecto del viento sobre la fachada impulsa la entrada de aire exterior hacia el interior de la cámara enfriándola. La función del aislamiento es la de mejorar la transmitancia térmica de la hoja principal.

Cuando hablamos de fachada sin ventilar, la ventaja principal es poder rellenar la cámara de aire con aislamiento, por lo que mejoramos considerablemente la transmitancia térmica del muro base, manteniendo la inercia térmica del mismo hacia la vivienda.

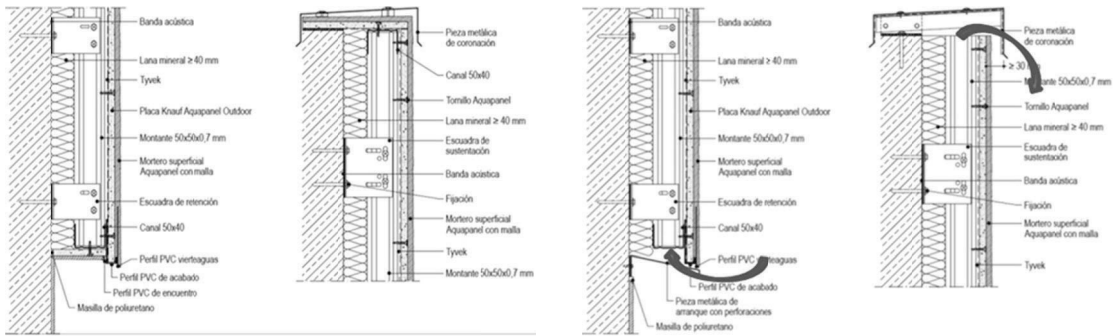


Figura 7. Sistema fachada Aquapanel ventilada y estanca. Imagen izquierda: Fachada Knauf Aquapanel sin ventilar. Imagen derecha: Fachada Knauf Aquapanel ventilada.

Si analizamos dos fachadas Aquapanel, manteniendo el mismo aislamiento pero ventilada y sin ventilar, y tenemos en cuenta los valores de transmitancia térmica, factor solar, capacidad térmica y climatología, en un régimen dinámico, podemos tener importantes diferencias. Si sólo analizamos la fachada ventilada y estanca en régimen estacionario, obtendríamos valores muy similares.

En régimen dinámico, juegan un papel importante las pérdidas y ganancias térmicas y la transmitancia. En zonas frías (por ejemplo Burgos), las pérdidas térmicas, en los meses más fríos, en una fachada ventilada serían mayores que en una estanca y las ganancias térmicas en los meses calurosos serían mayores en la fachada estanca.

Esto es debido a que existe una refrigeración por renovación de aire en la fachada ventilada, que conlleva una pérdida de calor en el muro base, en este caso en meses más fríos y en zonas de mayor demanda energética la fachada no ventilada se comportaría de una manera más eficiente. Sin embargo, el comportamiento refrigerante de la fachada ventilada nos ayuda a perder calor a través de la envolvente, reduciendo así la demanda de refrigeración del edificio frente a la fachada no ventilada.

EDIFICIOS NUEVOS. EECN

Con el horizonte 20/20/20, donde los edificios deberán ser de energía casi nula, se hace evidente que serán necesarias soluciones constructivas eficientes energéticamente y con espesores lo más reducido posible.

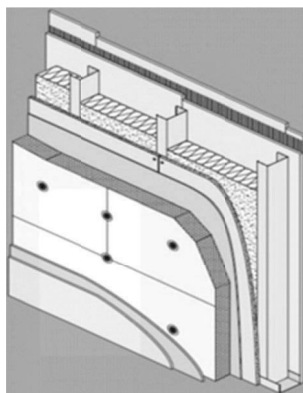


Figura 8. Sistema Knauf Aquapanel con SATE.

Para conseguir transmisiones térmicas muy reducidas, como es el caso del standard Passivhaus, 0,15 W/m²K, tenemos que ir a soluciones con un espesor de aislamiento elevado. La solución más habitual es la de fijar un SATE directamente a un soporte, que por lo general es de pared de obra.

Una solución más ligera, eficaz y con un espesor reducido, sería el sistema con placa de cemento, con un espesor total del muro de unos 150 mm con una resistencia térmica de 2,22 m²K/W al que se le añade un aislamiento exterior (SATE) de unos 15 cm, considerando la conductividad térmica del aislante de 0,036 W/mK, esto nos hace un espesor total de cerramiento de 30 cm y una transmitancia térmica de ~0,15 W/m²K. Si utilizamos aislantes más eficaces, necesitaremos menor espesor.

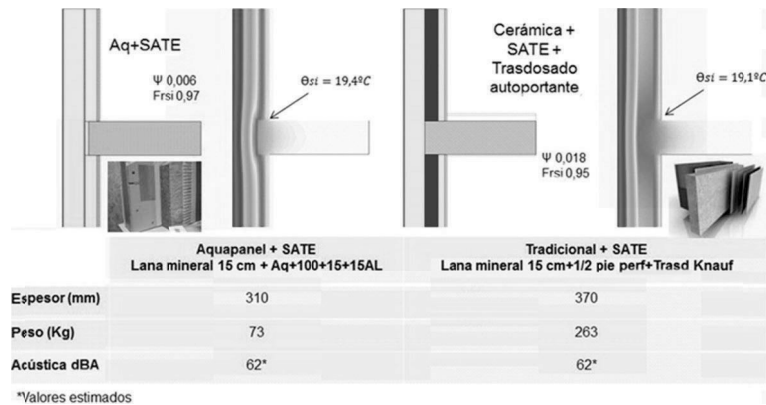


Figura 9. Comparativo entre sistema tradicional y sistema Knauf Aquapanel. Ambos con revestimiento de aislamiento (SATE) para una misma Um ~0,15 W/m²K.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta estas premisas, y el coste de la energía, hay que valorar la rentabilidad a medio-largo plazo que puede suponer en el ahorro energético una fachada ventilada y no ventilada, dependiendo de la zona climática y de la orientación de la fachada, o bien incorporar un mayor espesor de aislamiento para compensar las ventajas de la fachada no ventilada sobre todo en época y zonas más frías, aunque esto implica un mayor espesor del cerramiento. Finalmente se han de controlar los puentes térmicos a través del propio sistema constructivo o solución constructiva para optimizar al máximo sus prestaciones tanto térmicas como acústicas. En el caso de edificios nuevos, hemos de reflexionar, si tendríamos que cumplir con la nueva actualización del CTE HE de septiembre 2013 o empezamos a hacer, hoy, los edificios de energía casi nula.

BIBLIOGRAFÍA

- Catálogo de elementos constructivos del CTE.
- Catálogo Técnico Knauf GmbH Sucursal en España.
- Comportamiento energético de una fachada ventilada. Área térmica Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.
- CTE DB HE: Ahorro de energía. HE1 Limitación de demanda energética.
- CTE DB HR: Protección frente al ruido.
- CTE DB HS: Salubridad. HS1 Protección frente a la humedad.
- CTE DB SI: Seguridad en caso de incendio. SI1 Propagación Interior.
- Libro blanco de la rehabilitación energética de edificios. Knauf.

SOLUCIÓN PARA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS A TRAVÉS DE SU ENVOLVENTE TÉRMICA. AISLAMIENTO TERMO-ACÚSTICO INSUFLADO CON LANA MINERAL VIRGEN

Luis Pozo Lama, Responsable Departamento Técnico, Knauf Insulation

Resumen: La eficiencia energética de muchos edificios en España, cuyas fachadas están construidas con doble hoja de fábrica y cavidad intermedia, puede ser mejorada con la solución que presento: Consiste en insuflar mecánicamente en las cavidades un aislante de Lana Mineral. Sus prestaciones proporcionan una eficaz solución en rehabilitación, con resultados de reducción de la demanda proporcionales al espesor de la cavidad disponible. Cálculos realizados avalan la solución, con una gran relación calidad-precio frente a otras soluciones existentes, y resultados de reducción de la demanda y de las emisiones de hasta un 55%, en función de las características del edificio, del espesor de cavidad y de posibles intervenciones previas ya realizadas.

Palabras Claves: Aislante, Demanda, Emisiones, Energética, Fachadas, Insuflación, Lana, Mineral, Reducción, Rehabilitación

INTRODUCCIÓN

Según informes del Ministerio de Fomento (1) el parque edificatorio español está constituido mayoritariamente por edificios cuyo uso principal es el residencial. En el año 2005, el 85% de la superficie construida estaba formada por edificios residenciales y el 15% restante por edificios destinados a otros usos, principalmente administrativo y comercial. En concreto, 389 millones de m² correspondían al sector terciario en sus diferentes usos y el resto, 2.300 millones de m², al sector residencial, de los que 1.600 millones de m² estaban destinados a vivienda principal. Según fuentes del IDAE (2), en España el consumo de energía en la edificación representa el 27% de la energía final nacional, correspondiendo un 17% al sector residencial y un 10% al sector terciario.

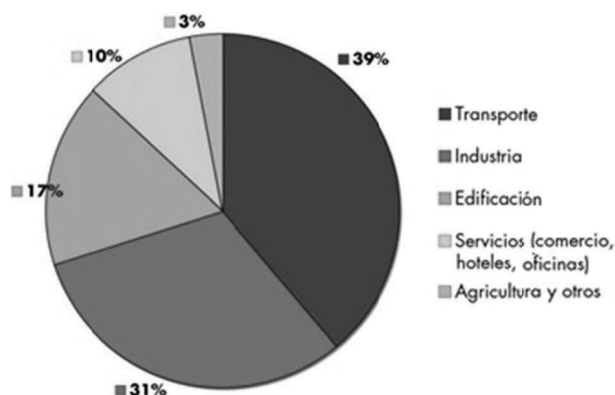


Figura 1. Consumo de energía final por sectores en España.

Con respecto al consumo energético, los servicios de los edificios residenciales y del sector terciario que tienen un mayor peso son las instalaciones térmicas (climatización y producción de agua caliente sanitaria) y las instalaciones de iluminación interior. Dentro del mencionado 17% del sector residencial, un 42% corresponde a las instalaciones de climatización (mayoritariamente calefacción y, en menor grado, refrigeración).

Las edificaciones construidas en España antes de 1979 incorporan muy poco o ningún nivel de aislamiento, resultando ineficientes térmicamente. Asimismo, las edificaciones construidas durante los 27 años que van desde la implementación de la extinta Norma Básica sobre Condiciones Térmicas en los edificios (NBE CT-79) hasta la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación (CTE), con su Documento Básico sobre Ahorro de Energía (DB HE), están construidas bajo unos criterios de eficiencia energética inferiores a los utilizados actualmente, resultando “potenciales” consumidoras de energía en las próximas décadas si no se someten a procesos de rehabilitación energética.

La vida útil de una vivienda puede superar los 50 años, por tanto al comprar, alquilar o acometer obras de reforma en la misma, es muy importante que la envolvente térmica del edificio y sus instalaciones sean de buena calidad y de alta eficiencia energética, con objeto de no estar lastrados por un gasto excesivo e innecesario de energía y dinero a lo largo del tiempo. Cada año un gran número de edificaciones están sujetas a algún tipo de reforma de mayor o menor entidad, como la limpieza y el pintado de fachadas, la reparación de la cubierta, la sustitución de la carpintería, pero pocas veces se acometen trabajos de rehabilitación por razones energéticas, incluso cuando son significativos el valor global del ahorro económico en la factura energética y la cuantía de las ayudas y subvenciones por parte de las administraciones.

El estudio “*A cost Curve for greenhouse gas reduction (2007)*” de la prestigiosa consultoría energética McKinsey, concluye que entre las políticas de ahorro y eficiencia energética, la mejora del nivel de aislamiento térmico en los edificios es la de menor coste para un mismo objetivo de beneficio.

ESTUDIO, ANÁLISIS Y OBJETIVOS

Más del 50% (INE) del parque actual de viviendas en España está compuesto por construcciones previas a la aplicación de la NBE CT-79, en las cuales nos encontramos con que el único aislamiento proporcionado a los espacios interiores frente al exterior es el derivado de la resistencia térmica de los materiales que conforman sus estructuras y acabados.

El estudio de rehabilitación energética contenido en esta comunicación se ha realizado a partir de una vivienda unifamiliar tipo, referente de las construidas antes de 1979, por tanto sujeta a las escasas exigencias térmicas de la época, sin presencia de aislamiento térmico en la envolvente en su estado original, pero que ya ha sido sometida a un primer proceso de rehabilitación energética en años precedentes, consistente en implementar aislamiento térmico en la cubierta y en sustituir las ventanas originales por otras más eficientes.

Dicho estudio contempla la impactante influencia, desde el punto de vista de reducción de la demanda energética y de las emisiones de CO₂, que puede llegar a tener la insuflación mecánica por relleno total, de un aislante a base de Lana Mineral virgen, sin ligante, de muy baja conductividad térmica, en la cámara de aire de 10 cm de espesor del muro de doble hoja constitutivo de los cerramientos opacos de las fachadas. Se presentan valores de ahorro de la demanda energética (kWh/m².a) y de las emisiones de CO₂ (kgCO₂/m².a), ubicando la vivienda en cada una de las zonas climáticas de invierno, excepto en la zona climática α , definidas en el Documento Básico de Ahorro de Energía, sección HE 1, del Código Técnico de la Edificación en España, rehabilitándola mediante la insuflación del aislante en las cámaras de aire de los muros de doble hoja que constituyen los cerramientos de fachadas.

Metodología

Para realizar los cálculos correspondientes, se ha utilizado un herramienta informática reconocida por la Administración, basada en un método abreviado. Se ha calculado la demanda energética de

climatización y las emisiones de CO₂ de la vivienda tipo, primero en estado previo a la rehabilitación de las fachadas (es decir, con la cubierta intervenida mediante la implementación de aislamiento térmico y con las ventanas originales sustituidas por otras más eficientes), y después una vez insufladas las cámaras de aire de los muros de fachadas con el aislante de Lana Mineral virgen. Se han comparado los valores obtenidos y se han deducido los porcentajes de ahorro energético y “ambiental” en cada una de las cinco zonas climáticas de invierno españolas.

Características vivienda original

- Vivienda unifamiliar aislada, PB + 2PP
- Construcción anterior a 1979 y parcialmente rehabilitada
- Superficie vivienda: 48 m²/planta x 3 plantas = 144 m²
- Plantas habitables: P1 y P2
- Superficie habitable: 48 m²/planta x 2 plantas = 96 m²
- Superficie maciza fachadas: 273 m² – 35 m² huecos = 238 m²
- Instalaciones térmicas: Caldera eléctrica mixta para calefacción y ACS (potencia calorífica 20 kW; rendimiento $\eta = 0,85$). Sin refrigeración

Elemento de envolvente	Tipología	U (W/m ² .K)
Cubierta	Inclinada sobre forjado horizontal y tabiquillos, con 6 cms de aislamiento	0,42
Fachadas	Muro de doble hoja, con cámara de aire ligeramente ventilada de 10 cms de espesor	2,01
Ventanas	Cristal doble de baja emisividad (< 0,03)	2,50
Suelo	Solera de hormigón bajo pavimento, en contacto con el terreno	3,21

Figura 2. Transmitancias térmicas vivienda antes de insuflar las cámaras de aire.

Rehabilitación energética fachadas

El proceso de rehabilitación energética a realizar en la vivienda consiste en insuflar la cámara de aire del muro de doble hoja perimetral que constituye el cerramiento opaco de las fachadas, mediante un aislante de Lana Mineral virgen, sin ligante, de muy baja conductividad térmica, aplicada con medios mecánicos por un equipo de instaladores especializado.



Figura 3. Lana Mineral virgen, sin ligante, para insuflado de cámaras de aire.

Las características principales de este producto son su λ garantizado, de 0,034 W/m.K, su capacidad fonoabsorbente al tratarse de un material de estructura fibrosa que retiene fuertemente aire inmóvil en su interior, con lo que mejora la capacidad de aislamiento acústico del muro original, del orden de 6 dB, su carácter incombustible, con una Euroclase de reacción al fuego A1, que contribuye a la protección pasiva frente a incendios de la edificación, y su muy baja absorción de agua por capilaridad, estando clasificado como material no hidrófilo de acuerdo al DB HS del CTE.

La puesta en obra consiste en realizar perforaciones en la hoja exterior del muro, mediante un patrón de perforaciones previamente establecido por el equipo de trabajo, a través de las cuales se insufla mecánicamente en seco la Lana Mineral virgen, hasta colmatar por relleno total la cámara de aire existente entre ambas hojas del muro.

Este sistema tiene como ventajas más destacables, en cuanto a su puesta en obra, su rapidez de ejecución, sus bajos costes económicos frente a otros sistemas de aislamiento de fachadas, no genera prácticamente escombros ni residuos, y en el caso de su aplicación por el exterior de la vivienda, no provoca apenas molestias en los usuarios de las mismas.



Figura 4. Proceso rehabilitación energética fachadas mediante insuflación mecánica de Lana Mineral: inspección cavidades, perforación puntos de insuflación, muestra material aislante, insuflado cámaras de aire.

Resultados de la simulación

Las tablas siguientes presentan los valores de demanda energética y de emisiones de CO2 que la vivienda modelizada genera, tanto antes como después de la rehabilitación energética de las fachadas, insuflando mecánicamente el aislante de Lana Mineral virgen, mediante relleno total de la cámara de aire de 10 cm de espesor.

Vivienda en estado original [$U_{\text{fachada}} = 2,01 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$]			
Zona Climática	Ciudades de referencia	Demanda energética [kWh/m ² .a]	Emisiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m ² .a]
A	Cádiz, Málaga	169,5	111,1
B	Sevilla, Alicante	223,8	141,6
C	Barcelona, Orense	251,7	189,8
D	Madrid, Albacete	347,4	260,2
E	Burgos, León	489,2	392,1

Figura 5. Demanda energética y emisiones de CO2 vivienda antes de insuflar las cámaras de aire.

Vivienda rehabilitada energéticamente con SUPAFIL 034 [$U_{\text{fachada}} = 0,30 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$]			
Zona Climática	Ciudades de referencia	Demanda energética [kWh/m ² .a]	Emisiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m ² .a]
A	Cádiz, Málaga	79,4	50,3
B	Sevilla, Alicante	105,3	60,4
C	Barcelona, Orense	108,4	81,2
D	Madrid, Albacete	153,9	114,1
E	Burgos, León	216,5	172,7

Figura 6. Demanda energética y emisiones de CO2 vivienda después de insuflar las cámaras de aire.

A partir de las tablas de resultados anteriores, se deducen los porcentajes de ahorro de la demanda energética y de reducción de las emisiones de CO2 asociadas, los cuales se reflejan en la siguiente tabla.

Zona Climática	Ciudades de referencia	Demanda energética (%)	Emisiones de CO ₂ (%)
A	Cádiz, Málaga	53	55
B	Sevilla, Alicante	53	55
C	Barcelona, Orense	57	57
D	Madrid, Albacete	56	56
E	Burgos, León	56	56

Figura 7. Porcentajes de ahorro de la demanda energética y de las emisiones de CO₂ vivienda rehabilitada energéticamente mediante insuflación de Lana Mineral en las fachadas.

Período de retorno de la inversión y ahorro económico

Se presenta a continuación un ejemplo concreto de período de retorno de la inversión y ahorro económico derivado de la rehabilitación energética de las fachadas insuflando el aislante de Lana Mineral virgen, ubicando la vivienda modelizada en Madrid, zona climática D3.

El valor de transmitancia térmica del muro original de fachadas es de 2,01 m².K/W, y los valores anuales de demanda energética y de emisiones de CO₂ obtenidos con herramienta oficial de cálculo son 347,4 kWh/m².a y de 260,2 kgCO₂/m².a respectivamente.

El nuevo valor U de transmitancia térmica del muro rehabilitado inyectando el aislante de Lana Mineral virgen en la cámara de aire de 10 cm es de 0,30 W/m².K, y los valores anuales de demanda energética y de emisiones de CO₂ son 153,9 kWh/m².a y 114,1 kgCO₂/m².a respectivamente.



Figura 8. Insuflación cámara de aire muros cerramiento fachadas con Lana Mineral virgen.

En este caso particular se obtienen porcentajes de reducción de la demanda energética y de las emisiones de CO₂, del 56%.

A partir de los valores anteriores, se calculan los ahorros energético y “ambiental” anuales de la vivienda. En primer lugar multiplicamos la diferencia entre demandas energéticas superficiales antes y después por la superficie habitable de 96 m² que tiene la vivienda, obteniendo 18.576 kWh/año. Después realizamos la misma operación con las emisiones de CO₂, obteniendo 14.026 kgCO₂/año.

Si se considera por ejemplo una vida útil de la vivienda de 50 años, los ahorros energéticos y “ambiental” totales son 929 MWh y 701 tonCO₂.

Y por último calculamos el período de retorno de la inversión y el beneficio económico que obtenemos con la rehabilitación energética mediante insuflado, sin tener en cuenta ninguna subvención autonómica o local.

Para ello calculamos el coste de la rehabilitación energética, multiplicando los 238 m² de superficie de cerramiento opaco de las fachadas a insuflar, por un precio de 22,5 €/m² de ejecución material estipulado para una obra de estas características, con un espesor de cámara de aire de 10 cm, resultando ser de 5.355 euros.

Teniendo en cuenta el ahorro energético anual que obtuvimos antes, y multiplicando dicho valor por el precio unitario de la energía, en este caso electricidad, de 0,13 €/kWh, repercutiendo en los cálculos porcentajes hipotéticos de incremento anual del precio de la energía (6% los 15 primeros años y 3% a partir del año 15 hasta el año 50) y de depreciación anual de la moneda (3%), resulta un ahorro económico anual el primer año de 2.345 euros, y a partir del año 15 de 3.505 euros.

El período de retorno de la inversión resultante es de 2 ¼ años, período en que amortizaríamos el coste de la obra, y a partir de aquí estaríamos hablando de ahorro neto o beneficio, resultando un total de 73.021 euros en el año 25 y de 160.637 euros en el año 50.

CONCLUSIONES

Al partir de una vivienda que previamente ha sido sometida a actuaciones para la mejora de su eficiencia energética, el resultado de intervenir en las fachadas, parte de la envolvente del edificio a través de la cual se produce un elevado porcentaje de pérdidas de calor, tiene una incidencia enorme en la reducción de la demanda de energía necesaria para climatizar dicha vivienda. Con ello, los medios de climatización que se utilizan para conseguir el confort térmico dentro de las estancias se optimizan, reduciendo la frecuencia y/o intensidad con la que los usuarios necesitan disponer de los mismos para sentirse cómodos.

Estamos ante un caso típico de vivienda construida en nuestro país en una reciente época en que no existía apenas preocupación por los aspectos medio-ambientales, la eficiencia energética era un concepto casi desconocido y la normativa térmica existente permitía construir edificios sin prácticamente ningún tipo de aislamiento, resultando auténticos depredadores de energía.

Desde el punto de vista económico, el presente estudio permite aseverar que la medida de eficiencia energética consistente en implementar aislamiento en la envolvente de una vivienda o de un edificio tiene un gran impacto monetario, con reducidos períodos de retorno de la inversión realizada.

La supresión del efecto pared fría repercute en un aumento de la temperatura interior en invierno y en la reducción de la variación de la temperatura de las estancias acondicionadas, que indudablemente resultarán de la intervención insuflando este aislante de Lana Mineral en las cámaras de aire de las fachadas de la vivienda, aunque esto no sea objeto del presente estudio. Estos parámetros tendrán una elevada influencia en la sensación de confort y en la habitabilidad de la vivienda.

REFERENCIAS

- (1) *Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012*, E4, Ministerio de Fomento
- (2) *Guía Práctica de Energía, Consumo Eficiente y Responsable*. IDAE, 2007

LA INDUSTRIA DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) ESTÁ PREPARADA PARA AISLAR EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO

Raquel López de la Banda, Directora, ANAPE. Asociación Nacional de Poliestireno Expandido

Resumen: Partiendo tanto de la materia prima tradicional como de nuevos desarrollos (que mejoran la conductividad térmica), los procesos de producción y los sistemas constructivos se han adaptado ya a las futuras exigencias de la normativa. En la comunicación, se hablará de niveles de propiedades que debe tener el producto para alcanzar las máximas prestaciones en aislamiento y un rendimiento óptimo en la aplicación. Estas propiedades son fácilmente reconocibles, puesto que están incluidas en el marcado CE del producto, y la industria se ha organizado para certificarlas incluso antes de que la normativa europea obligatoria esté totalmente desarrollada. Se mostrarán ejemplos de la experiencia en edificios que cumplen el estándar "PassivHaus" y la madurez que han alcanzado estas soluciones de EPS en países norte europeos, avalando así el acierto de la elección de este material.

Palabras Claves: Aislamiento, EPS, Limitación de la Demanda, Material, Passivehaus, Poliestireno Expandido, SATE

INTRODUCCIÓN

Bien entrado el año 2014, ya nadie involucrado en el sector de la edificación pone en duda los beneficios de los cambios regulatorios y las políticas comunitarias que nos llevarán a construir Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo en 2020 (o antes). Las ventajas medioambientales, sociales, sobre la salud y el confort son indiscutibles. Éstas, unidas a las económicas, aumento del empleo y de aseguramiento de suministro de energía hacen que además deba tratarse como un negocio estratégico para la mejora de nuestra economía.

La definición de un EECN, es a día de hoy una incógnita en términos de legislación y normalización. Lo que sí está claro es que, desde el punto de vista técnico, estos edificios estarán basados en una fuerte limitación de la demanda, es decir, de un fuerte aislamiento, gran estanqueidad y que el poco aporte de energía necesario pueda ser procedente de energías renovables. Estamos describiendo un tipo de edificios que ya se están haciendo en Centroeuropa desde hace algún tiempo: las casas pasivas (estándar passivehaus), por lo tanto, ya se tiene experiencia en el tipo de materiales necesarios para conseguir este objetivo.

El caso del poliestireno expandido (EPS, en sus siglas en inglés) es un caso de éxito en este tipo de construcciones. Tanto desde el punto de vista de la evolución de la materia prima, como desde el punto de vista de la mejora los procesos, la industria del EPS ha invertido en pro de conseguir productos con mucho mejor rendimiento térmico y de facilidad de ejecución. Como complemento al esfuerzo en producción, las empresas han trabajado, y siguen trabajando, en actualizar la normativa para que todos los eslabones de la cadena que participan en la ejecución del edificio puedan hablar el mismo idioma. Así se han creado normas y certificaciones que recomiendan las características óptimas del material para aplicaciones de alta exigencia.

Esto es lo que se desarrollara en esta ponencia. Ahora la industria tiene la certeza de que el funcionamiento es óptimo y de que su contribución no va a quedar dentro de los profesionales más expertos, sino que ha puesto herramientas para que la medida de las propiedades esté al alcance de las medidas contempladas en las normas habituales como las de marcado CE de los productos.

CONOCIMIENTO DEL MATERIAL

Hace ya casi dos décadas que las empresas de materia prima, gracias a un potente I+D, empezaron a desarrollar nuevas patentes que incorporaban controladores de radiación en la matriz del poliestireno (tanto absorbentes como receptores de infrarrojos) (Ver figura 1). De esta mejora resulta un material con un rendimiento térmico hasta un 20% mejor. Por ejemplo, a igual densidad, un material con control de radiación tiene una conductividad (λ) de 0.032 W/mK mientras que uno tradicional tiene 0.039 W/mK. Con su color gris característico podemos encontrar estos materiales bajo nombres comerciales como Neopor, Silver, Extir Galileo, Lambdapor etc.

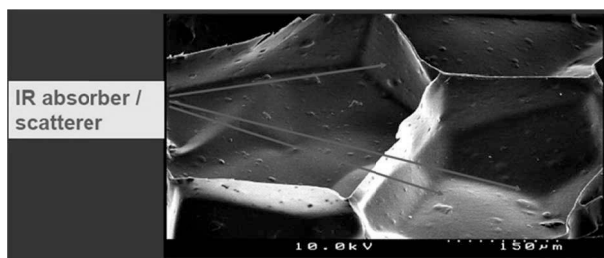


Figura 1. Imagen al microscopio de la matriz polimérica con grafito.

Tras estos desarrollos, los transformadores han adaptado la gama de productos a estas nuevas posibilidades, dando un paso más y reduciendo espacio en aplicaciones de aislamiento de alta capacidad.

La capacidad de moldeo del material y la mejora de las maquinarias de corte, es otra de las grandes ventajas. Han dado lugar a productos específicos que ofrecen texturas superficiales para mejorar su anclaje o pegado con adhesivo, o los machihembrados o encajes con otras piezas de los distintos sistemas. Tanto las placas que proceden del corte de grandes bloques como las que se moldean de manera única o compuesta, no tienen ningún problema para obtenerse en grandes espesores, lo que es una gran virtud para los aislamientos de alta resistencia térmica como los que puede necesitar un EECN (ver Figura 2).



Figura 2. Producto de gran espesor con forma específica de fuelle.

Como el resto de los materiales aislantes, las propiedades del EPS están reguladas por su norma europea armonizada de producto, en este caso la EN 13163, preceptiva para el mercado CE. Esta norma recoge todas las propiedades necesarias para la definición del producto en todas las aplicaciones. De esta manera, el código de designación que aparece en el etiquetado marca el nivel de cada propiedad:

conductividad, resistencia a compresión, estabilidad dimensional, absorción de agua, etc., así hasta 20 propiedades que nos dan el ADN del producto.

DIFERENTES SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Tanta variedad de propiedades y niveles son complicados de manejar para los prescriptores, por eso se ha realizado una norma de propiedades recomendadas para cada aplicación: UNE 92.181 IN. En esta norma orientativa, se puede encontrar una división según tipos de cubiertas, fachadas, suelos, muros enterrados etc., de manera que según a las solicitaciones a las que está sometido el producto se recomienda un nivel de propiedad. De esta manera se tienen herramientas para evitar que se usen productos no adecuados, cosa desgraciadamente muy común cuando se compraba sólo con un criterio: el precio, o lo que tenga el almacén de construcción (que generalmente eran productos de baja gama).

Además, para que la calidad adecuada pueda llegar a ejecutarse correctamente también se puede consultar la UNE 92.328 IN. Este informe UNE propone un check- list de hitos que se deben controlar en las obras para que las aplicaciones se realicen correctamente. Proporciona un punto más de control, que unido al de la prescripción y las compras, asegura más el resultado final de la construcción.

En España, el Código Técnico de Edificación, sólo pide que los productos aislantes térmicos declaren las prestaciones de la Resistencia térmica R_t (m^2K/W), o conductividad λ (W/mK) y el factor de resistencia al paso del aire μ , pero hay otras propiedades que afectan al funcionamiento del producto en las distintas aplicaciones, por eso se recomienda siempre tener su conocimiento y control. Todas estas propiedades son totalmente válidas para los EECN, la única diferencia será que la resistencia térmica será de niveles adecuados a la limitación de la demanda que marque la legislación en cada momento. Actualmente, con las exigencias del DB-HE 2013, y soluciones constructivas habituales suelen verse duplicados o triplicados los espesores que solían cumplirse con la opción simplificada del DB-HE 2006, aunque sabemos que esto es variable porque se depende de otros parámetros globales como la orientación, compacidad y otros factores de diseño.

PUNTOS CLAVE PARA APLICACIONES SOMETIDAS A GRAN EXIGENCIA SATE (SISTEMAS DE AISLAMIENTO POR EL EXTERIOR)

En gran parte de los países europeos donde ya se tiene mucha experiencia en edificios de muy baja demanda como son los EECN, una de las soluciones constructivas más usadas es la de los Sistemas de Aislamiento Térmico por el Exterior (SATE). Esta solución exige del material aislante mucho más que otras soluciones constructivas por su exposición a cambios bruscos de temperatura, necesidad de estanqueidad, etc. También es fuertemente demandada porque en este tipo de edificios es fundamental la actuación sobre los puentes térmicos, y el sistema garantiza su solución de manera uniforme y segura.

Dentro de esta solución constructiva, alrededor del 85% se realiza usando EPS como aislamiento, tanto el EPS tradicional como con controladores de radiación. Es muy importante tener claro que no cualquier producto de EPS vale para esta aplicación, por ello es fundamental conocer las propiedades que nos interesa medir y cuáles son los niveles que hay que exigirle.

Las normativas comúnmente utilizadas hasta ahora se han quedado obsoletas; la UNE EN 13499 olvida muchos requisitos necesarios y la ETAG 004, aunque mucho más completa por contemplar todo el sistema y tener ensayos a gran escala, cuando se trata del aislamiento no tiene en cuenta las condiciones dimensionales. La experiencia muestra que hay que exigir tolerancias dimensionales más restrictivas y buen comportamiento en propiedades fundamentales para el funcionamiento con anclajes

como son la resistencia y el módulo a cortante. Además conviene discernir entre materiales distintos como el EPS normal y el elastificado (EEPS) .Esa es la línea en la que se trabaja en la futura norma a nivel europeo.

El mercado CE nos puede mostrar los niveles que el fabricante declara de todas estas propiedades, pero no nos garantiza que el nivel sea adecuado para la aplicación de SATE. Por ello la industria del EPS se ha adelantado y, junto con AENOR, ha creado una Certificación especial para SATE donde se exigen, y comprueban por tercera parte, los niveles de características que se consideran adecuados marcados en la futura norma armonizada para esta aplicación.

Los niveles los podemos ver en la tabla adjunta (Ver tabla 1). Conviene tener en cuenta que la tabla está realizada con los códigos de designación pertenecientes a la versión de la norma UNE EN 13163 de 2013 que varían con los de versiones anteriores.

PROPIEDAD MEDIDA	NORMA DE ENSAYO	Requisito (Nivel/clase)	
		EPS	EPS elastificado (EPS SD)
Conductividad térmica declarada y Resistencia térmica declarada	EN12667 EN 12939	$\geq 1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$	$\geq 1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
Espesor	EN 823	T(1)	T(1)
Longitud	EN 822	L(2)	L(2)
Anchura	EN 822	W(2)	W(2)
Rectangularidad	EN 824	S(2)	S(2)
Planeidad	EN 825	P(3)	P(3)
Estabilidad dimensional en condiciones específicas de Temperatura y humedad	EN 1604	DS(70,-)2	DS(70,-)2
Resistencia a la tracción perpendicular a las caras fijado con adhesivos	EN1607	TR 80	TR 80
Resistencia a la tracción perpendicular a las caras fijado con perfiles, rastreles y adhesivos	EN1607	TR 150	No aplicable
Resistencia a la tracción perpendicular a las caras fijado con anclajes y adhesivos	EN1607	TR 100	TR 80
Absorción de agua a largo plazo por inmersión total	EN 12087 Método 2	WL(T)1	WL(T)1
Permeabilidad al vapor de agua	EN 12087 medido y EN ISO 10456 (tabulado) ó EN 12086 (Medido)	Valor declarado	Valor declarado
Módulo de cortante	EN 12090	$\geq 1 \text{ MPa}$	$\geq 300 \text{ kPa}$
Resistencia a cortante	EN 12090	$\geq 50 \text{ kPa}$	$\geq 20 \text{ kPa}$
Reacción al Fuego	EN 13501-1	Euroclase E	Euroclase E

Figura 3. Tabla Exigencias del EPS en la Marca AENOR para SATE y de la futura norma europea de SATE.

Para tener la seguridad, de que el gran esfuerzo de fabricar un producto de gran calidad no ha sido en vano, también es fundamental que el sistema completo funcione en completa armonía y esté totalmente probado. Para eso, deberá recurrirse siempre a empresas que comercializan el sistema completo con plenas garantías y forman a sus clientes para que sean una mano de obra especializada a la altura de un sistema de alta protección.

EJEMPLO

Se pueden poner numerosos ejemplos y experiencias de edificios de bajo consumo de energía, pero, por su claridad en las fotografías se ha elegido este: Obra 3 viviendas en Jungitu (Álava) bajo el Standard PassiveHaus

El aislamiento elegido es de 16 cm de EPS en fachada y bajo cubierta con conductividad 0.032 W/mK de EPS procedente de bloque y 12 cm moldeado sobre cubierta 0.030 W/mK. (ver figura 4 y 5).



Figura 4. Fotografía de aislamiento por exterior de fachada. Jungitu (Álava).

Los datos certificados, a los que se puede tener acceso desde la Plataforma PassiveHouse son: Demanda de calefacción 12 kWh/m²a y Demanda total de energía 67 kWh/m²a. También se pueden consultar otros elementos fundamentales para estos consumos como la ventilación con recuperador de calor, etc.

CONCLUSIONES

Las circunstancias vividas en la construcción en España los años pasados derivaron en una forma de construcción nada favorable a aplicar la mejor tecnología disponible y a pensar en los beneficios del usuario de la vivienda. Hoy todo esto ha cambiado, y tanto la legislación como la preparación que están adquiriendo los profesionales nos demuestran que el sector está evolucionando en la dirección adecuada. La industria del EPS ha hecho su trabajo de fondo en este tiempo y ya, no sólo fabrica material adecuado a la construcción del 2020, sino que se asegura que todos los actores de la construcción tengan herramientas para comprobar la calidad y aplicar con garantías este aislamiento. Los desarrollos de la nueva normativa y la Certificación Aenor para SATE son la prueba de ello.

REFERENCIAS

Aenor, UNE EN 13163: 2013.

Aenor, UNE 92181 IN: 2008 (En revisión).

Aenor, UNE 92325 IN: 2012 (En revisión).

CEN TC 88 WG 18, Draft EN ETICS Specification.

Eumeps (European Manufacturers of EPS) 2010, anape (Asociación Nacional de Poliestireno Expandido) 2011. Edificios de baja energía y energía neta cero aislados con EPS.

Vivienda Jade y dos más en Jungitu (Álava), Promotora Urrutia <http://www.plataforma-pep.org/por-listado>.

SOLUCIONES INNOVADORAS DE AISLAMIENTO SOSTENIBLE PARA EL DISEÑO DE EECN - CASOS PRÁCTICOS

Nicolás Bermejo Presa, Responsable Dpto. Técnico y Prescripción, Saint-Gobain Isover

Resumen: La presente ponencia se basa en el diseño y desarrollo de nuevos sistemas constructivos que permitan adelantarse y abordar las implicaciones que para el sector de la construcción tendrá la adopción de la Directiva 2010/31 relativa a la eficiencia energética de los edificios, de tal forma que todos los edificios públicos construidos en Europa deberán de ser EECN. A lo largo de la misma, se estudiarán los principales factores de diseño que influyen en los materiales de última generación que garantizan de forma eficaz el cumplimiento de los requisitos de un EECN. De una forma eminentemente práctica, se analizarán las características esenciales integrando de igual forma los conceptos de sostenibilidad a través del análisis de ciclo de vida.

Palabras Claves: ACV, Aislamiento, Análisis Ciclo de Vida, DAP, EPD, Lana de Roca, Lana de Vidrio

INTRODUCCIÓN

El uso racional de la Energía es una necesidad debido, fundamentalmente a la disponibilidad limitada de los recursos naturales y a la capacidad también limitada de absorción de los gases de efecto invernadero del planeta sin producir impactos ambientales significativos. Si analizamos la situación de contorno, podemos observar como el sector de la edificación en Europa es el responsable del consumo del 40 % de la Energía, tras los sectores de la industria y del transporte. La eficiencia energética en el sector residencial no es solo una oportunidad global, sino que representa también una oportunidad individual de cada familia, ya que según los datos publicados por el IDAE, el consumo energético medio por vivienda en España es del orden de 10.000 Kwh al año, lo que supone un importante esfuerzo económico, y el cual está sometido además a las fuertes fluctuaciones de los precios de los distintos tipos de energía, y que lleva a la aparición de situaciones de pobreza energética antes nunca vistas.

A lo anterior, es necesario unir la elevada dependencia energética que como país tenemos puesto que frente a la Unión Europea en el cual la dependencia energética se sitúa en torno al 54%, en España este dato se eleva hasta el 80%, por lo que se trata de un problema nacional, al margen de un problema internacional. En un contexto internacional de crisis económica, en el que la energía sigue aumentando su coste y en el que no se ha resuelto el problema medioambiental de las emisiones de gases de efecto invernadero, unido a unos consumos de energía en el sector residencial insostenibles, se publica la directiva europea 2010/31/UE, de Eficiencia energética en edificios, según la cual todos los estados miembros deberán de tomar medidas encaminadas para que a partir de 2020 los edificios de nueva planta tengan un consumo de energía casi nulo. Teniendo en cuenta, que dentro de los gastos de explotación de este tipo de centros, los energéticos representan uno de los mayores porcentajes, un adecuado aislamiento, permitirá reducir en hasta un 90% la demanda energética asociada, lo cual se puede conseguir a través del diseño de EECN.

ASPECTOS CLAVES EN LA PROYECCIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

A la hora de proyectar los cerramientos exteriores, se deben de tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Aspecto final de la fachada: los sistemas de aislamiento por el exterior basados en fachadas ventiladas o sistemas ETICs, permiten adecuarse a cualquier necesidad estética requerida debido a sus múltiples posibilidades de acabado
- Los requisitos legales establecidos
- La eficiencia energética final que vendrá condicionada por la capacidad aislante del material.
- La capacidad de aislamiento acústico de la solución final con el objetivo de garantizar un adecuado confort acústico de los usuarios. La utilización de materiales aislantes basados en lanas minerales, son la forma más eficaz de dotar a la solución final de una elevada capacidad de aislamiento acústico
- La seguridad en caso de incendio es fundamental en este tipo de establecimientos la cual solo garantizaremos mediante la utilización de materiales con excelente reacción al fuego como pueden ser las lanas minerales clasificadas como incombustibles y con una reacción al fuego según euroclases A1.
- Las consideraciones de contorno como la zona climática y la orientación

En la actualidad, existen materiales de altas prestaciones térmicas, acústicas y de protección contra incendios de última generación, que disponen de sus correspondientes declaraciones ambientales de producto verificadas por partes independientes que se integran dentro de las soluciones constructivas para el aislamiento de fachadas en EECN. En función de las prestaciones térmicas de la solución constructiva (conductividad térmica del material utilizado fundamentalmente) para unas mismas condiciones de contorno, los espesores necesarios en función de la transmitancia térmica del elemento serán los siguientes:

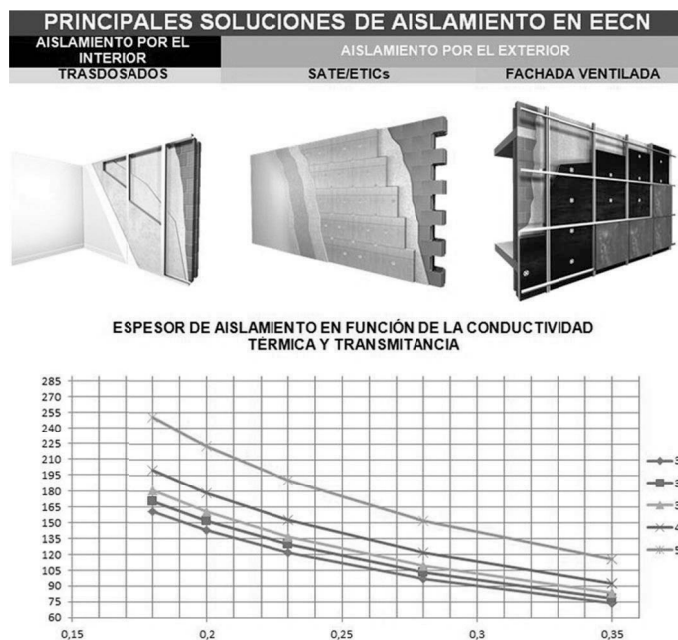


Figura 1. Principales soluciones de Aislamiento en Edificios de Energía Casi Nula.

EJEMPLOS DE EECN EN TRES UBICACIONES DIFERENTES - ANÁLISIS

A continuación y partiendo de un modelo de vivienda de dos plantas de tipo adosado con sótano se ilustran los resultados obtenidos para tres ubicaciones situadas en la península Ibérica (Madrid, Sevilla y oporto) con las siguientes consideraciones climáticas:

- A una altitud superior a los 600 m, Madrid está muy lejos del mar. En comparación con otras ciudades de la región mediterránea, su clima es relativamente continental, con temperaturas elevadas en verano y bajas en invierno. En las noches invernales, las temperaturas pueden situarse por debajo de los 0°C; las precipitaciones y la humedad del aire son relativamente bajas.
- Sevilla es una de las ciudades más cálidas de Europa. Cada año, las temperaturas del aire en verano superan los 40°C; en invierno, por el contrario, puede haber heladas nocturnas.
- El clima de Oporto está determinado por su proximidad al océano Atlántico. En esta ciudad, los cambios de temperatura son mucho menos notables que en las otras dos ciudades. Especialmente, los veranos suelen ser más frescos que en regiones más meridionales de la Península Ibérica. Las heladas nocturnas no son frecuentes y las temperaturas estivales casi nunca superan los 30°C.

Los datos climáticos empleados en las simulaciones se obtuvieron en aeropuertos próximos a las ciudades del ejemplo.

La casa presenta una construcción compacta (ladrillos perforados verticalmente de 11,5 cm, con techos intermedios de hormigón reforzado). El aislamiento térmico se instaló en el lado exterior (ETICS, sistema de aislamiento térmico con lana Mineral ISOFEX). Las superficies exteriores de los muros estaban enyesadas y un factor de absorción de la radiación solar de $a = 0,6$. Los puentes térmicos se podrían evitar casi por completo. Las ventanas tienen un acristalamiento doble con relleno de argón ($U = 1,2$ W/(m²K), $g = 0,6$). Los marcos de las ventanas tienen un valor U de 0.75 W/(m²K), con rotura de puente térmico.

En los tres casos, se obtienen edificios de consumo de energía casi nulo con los siguientes datos técnicos y los siguientes valores de modelización:

TRANSMITANCIA TÉRMICA U(W/m ² K)	OPORTO	SEVILLA	MADRID
Fachadas	0.20	0.45	0.29
Cubiertas	0.16	0.20	0.13
Suelos	0.43	1.66	0.43
Ventanas	1.20	1.20	1.20
Marcos de Ventana	1.60	1.60	0.72

	OPORTO	SEVILLA	MADRID
Demanda de calefacción (Kwh/m ² a)	12.8	4.9	11.6
Demanda de refrigeración (Kwh/m ² a)	0	5.6	0.49
Carga media de calefacción día (W/m ²)	9.0	7.7	9.7
Carga media de refrigeración día (W/m ²)	0	6.5	3.4

Figura 2. Tabla Transmitancia Térmica.

Debido al clima suave y atlántico de Oporto, la demanda de energía para el acondicionamiento de los espacios es extremadamente baja. Para ello, se requiere un buen aislamiento de cubierta y fachadas. En el clima concreto de Oporto, las temperaturas ambientales en verano casi nunca superan los 30°C. Esto permite un concepto de enfriamiento sencillo y exclusivamente pasivo. Junto a un uso adecuado de persianas exteriores. Gracias a un buen aislamiento y a la ventilación natural nocturna, la temperatura en el interior se mantiene agradablemente estable lo que contrasta con la mayor fluctuación de la temperatura exterior.

En el caso de Sevilla, un excelente aislamiento de la cubierta reduce tanto la carga solar en verano como las pérdidas de calor en invierno. Dado que la temperatura del terreno ronda los 20°C, a través de él solo se pierden pequeñas cantidades de energía durante el invierno. Por otra parte, el terreno puede acumular el exceso de calor en verano. Las demandas de calentamiento y de refrigeración son muy bajas. El verano en Sevilla es uno de los mayores retos para la refrigeración de las viviendas pasivas de la región del Mediterráneo. Durante el día, las temperaturas ambientales superan a menudo los 35°C; por la noche y durante al menos 3 meses no suelen situarse tampoco muy por debajo de 20°C. Además, la radiación solar es muy intensa.

Un edificio comparable, con un rendimiento térmico estándar y una construcción tipo pero con menor aislamiento proporciona un confort térmico mucho menor. En el siguiente ejemplo se han empleado muros de ladrillo hueco doble capa, con cámara de 6 cm y un valor U total de 2,0 W/(m²K); la cubierta es de construcción ligera y tiene un valor U de 1,6 W/(m²K) y a las ventanas convencionales de doble acristalamiento se han añadido contraventanas. No se dispone de ventilación controlada. Los techos interiores están hechos con viguetas de hormigón armado y bovedilla cerámica. Sin una refrigeración activa, las fluctuaciones diarias de la temperatura son mucho más intensas y las temperaturas en el interior pueden alcanzar 37°C durante los periodos de calor prolongados.

Debido a que en Madrid los inviernos son más fríos, por su mayor altitud y el clima continental propio de la Meseta Central, en esta ciudad se requiere un aislamiento térmico mayor que en Sevilla. Además de emplearse marcos de ventanas con rotura de puente térmico, se instalan sistemas de ventilación controlada con recuperación de calor. El acondicionamiento del espacio se puede lograr plenamente mediante calefacción o refrigeración del aire suministrado por el sistema de ventilación. Las temperaturas en verano suben por encima de los 40°C y pueden mantenerse por encima de los 20 °C varios días seguidos. Si el edificio se encuentra en el centro urbano, donde el efecto de isla de calor es más intenso, las temperaturas nocturnas pueden ser 2°C o más superiores registradas en edificios del extrarradio. Como consecuencia, la eficacia de la ventilación nocturna será aún menor.

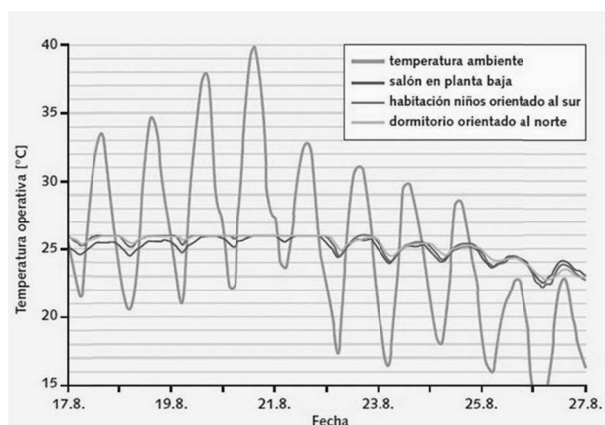


Figura 3. Temperatura Operativa.

Aislar la envolvente del edificio reduce las pérdidas de calor durante el periodo de calefacción y la transferencia de calor al interior del edificio en los días calurosos del verano. Como vimos en el apartado anterior, a medida que mejoramos la transmitancia térmica del elemento constructivo mediante o bien el incremento del espesor del aislamiento utilizado o bien mediante el uso de productos de última generación de lanas minerales con bajas conductividades térmicas se disminuye la demanda de calefacción:

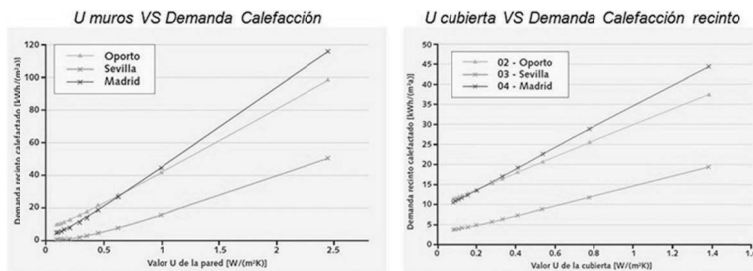


Figura 4. Demanda Calefacción Muros y Cubierta.

No debemos de olvidarnos en este estudio del resto de condicionantes de diseño en una vivienda pasiva como son la estanqueidad o la orientación. Para poder usar la energía solar pasiva, es recomendable que la mayoría de las ventanas se encuentren en la fachada orientada al sur. Si se sitúan en otros puntos, la demanda de calefacción aumentará considerablemente. La orientación al sur reduce también el pico de carga de calor en la vivienda Multi-Confort, porque los periodos más fríos suelen ser soleados. Además, las orientaciones hacia el este o el oeste tienen un efecto negativo durante el verano. La fachada sur recibe una menor radiación solar que las fachadas este y oeste durante el verano, debido al ángulo solar elevado cuando el sol está en el sur. Aunque las ventanas de las viviendas pasivas del ejemplo cuentan con dispositivos de sombreado exteriores eficaces, la simulación muestra un aumento en la demanda de refrigeración y la carga de refrigeración cuando los edificios no están orientados al sur.

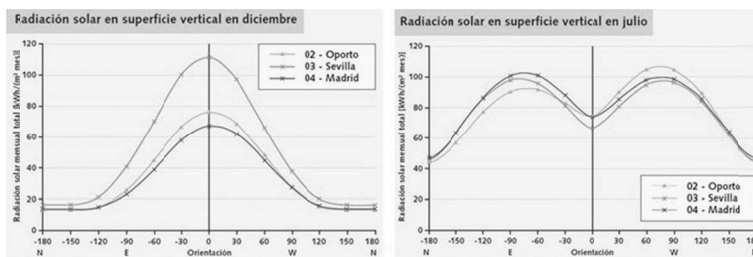


Figura 5. Radiación Solar en superficie.

SOLUCIONES SOSTENIBLES A TRAVÉS DE LOS ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Todos los ejemplos anteriores, han sido proyectados mediante soluciones sostenibles en base a lanas minerales con Declaraciones Ambientales de producto (etiquetas ecológicas tipo III) certificadas por una tercera parte independiente.

Los edificios generan impactos ambientales derivados de sus aspectos a lo largo de todas las etapas de su vida útil, desde la extracción de las materias primas de los materiales que constituyen el edificio, pasando por el transporte de estas materias primas, los aspectos ambientales asociados al proceso productivo de los materiales, el transporte de estos materiales a la obra, el uso el mantenimiento del edificio construido y, finalmente, hasta su demolición. La aplicación de esta filosofía basada en el enfoque del ciclo de vida de un edificio, permite identificar desde la fase de diseño, soluciones constructivas que minimicen los impactos del edificio a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida (desde la cuna a la tumba).

Un análisis del ciclo de vida en base a normas armonizadas, es la mejor herramienta con base científica para evaluar el impacto ambiental de los productos de construcción, para lo que es necesaria la utilización de Declaraciones Ambientales de Producto (DAP) verificadas por terceras partes.

Las etiquetas ecológicas y las declaraciones ambientales son una herramienta de gestión ambiental que constituye el tema central de la serie de normas ISO 14000. Existen diferentes tipos de etiquetado ecológico:

- Tipo I (Ecoetiquetas): es un programa voluntario, multi-criterio y desarrollado por una tercera parte con el que se concede una licencia que autoriza el uso de eco-etiquetas en productos. Certifican de forma oficial que ciertos productos o servicios tienen un impacto menor sobre el Medio Ambiente.
- Tipo II (Auto-declaración): auto-declaración medioambiental informativa realizada por los propios fabricantes, importadores, distribuidores, detallistas o cualquier otro que pueda ser beneficiario de dicha declaración.
- Tipo III (Declaración Ambiental): declaración que proporciona datos ambientales cuantificados utilizando parámetros predeterminados, basados en la serie de normas ISO 14040, e información ambiental adicional cuantitativa y/o cualitativa.

CONCLUSIONES

El mundo está cambiando con mayor velocidad que nunca. Mientras que los avances en ciencia y tecnología han mejorado nuestra calidad de vida, también han puesto de manifiesto el frágil equilibrio del medio ambiente. El calentamiento global de la Tierra ya no es un concepto lejano, sino una amenaza real en el futuro de la humanidad.

El sector de la edificación debe reconocer su responsabilidad e influencia en el calentamiento global y en la preservación de los valiosos recursos energéticos.

Para tratar estas cuestiones debemos cambiar la manera como diseñamos los edificios nuevos o renovamos los edificios existentes de modo que reduzcamos sus impactos negativos en el medio ambiente a través de su implicación con la Construcción Sostenible.

Los sistemas de aislamiento con lana mineral son una de las soluciones que proporcionan un mayor ahorro energético, un mayor confort acústico, una mayor seguridad en caso de incendio y una gran versatilidad en cuanto a estética, presentando una serie de características que los adecuan a cualquier solución constructiva superando las exigencias contempladas en el diseño de edificios de consumo de energía casi nulo. Sus múltiples ventajas técnicas hacen que sean una solución idónea tanto en rehabilitación como en obra nueva.

PIEL DE HORMIGÓN PARA EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA

Celia Zorzano, Arquitecto
Pedro Pablo Zorzano, Arquitecto Técnico
David Zorzano, Arquitecto

Resumen: Se muestra y analiza la envolvente con placa ligera de hormigón en una vivienda en construcción actualmente y sus soluciones constructivas. Proyectada esta con criterios de EECN, bajo el estándar Passivhaus, conjugando el diseño de una piel de hormigón como envolvente y su contribución a la proyección de EECN, con sencillez, coste reducido y ahorro de superficie útil, incidiendo de forma determinante en los puentes térmicos y contribuyendo a su erradicación. Produciendo confort, ambiente saludable y reducción de hipoteca energética. Mediante envolvente continua, aislamiento térmico, ausencia de puentes térmicos, hermeticidad, carpintería de alto nivel aislante, métodos pasivos y sistema de ventilación con recuperador de calor de alta eficiencia. Se diseña una piel exterior continua de placas ligeras de hormigón de espesor 5 cm, evitando los puentes térmicos totalmente. Así la envolvente térmica y la línea de estanqueidad, no presentan interrupción, minimizando los costes en energía.

Palabras Claves: Envolvente, Hormigón, Puente Térmico

INTRODUCCIÓN

Analizando el parque inmobiliario español y los costes energéticos para los usuarios de los edificios, cabe hacer dos preguntas, ¿cómo consumir menos energía? y ¿cómo construir para conseguirlo? Si se estudia la dependencia energética de nuestro país y atendiendo hacia donde van las nuevas leyes en materia edificatoria se obtiene la respuesta de la primera pregunta, que para consumir menos energía deben construirse edificios de Consumo de Energía Casi Nulo (EECN). España igual que toda Europa es una zona de amplia dependencia energética del exterior, según la oficina estadística Eurostat la dependencia energética de la Unión Europea del exterior es el 53,8% y en España alcanza hasta el 76,4%. El 40% del consumo de energía final de la Unión Europea pertenece solamente a los edificios y en España asciende al 17% para el sector residencial.

Con estos datos se refuerza la idea de avanzar en el modo de construcción y buscar nuevos elementos constructivos, que además deberán ser utilizados para conseguir las directrices marcadas por la Directiva Europea, en su OBJETIVO 20/20/20 sobre consumo energético en las edificaciones. Además en España la legislación ha empezado a adaptarse a estos requerimientos con el Real Decreto 235/2013, de 5 de Abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios y donde se establece que todos los edificios de nueva construcción deberán ser de EECN para el 2020 y los edificios nuevos de titularidad y uso público, deberán serlo para el 2018. Podemos deducir con lo expuesto que la necesidad de implementar este tipo de construcción, si no es obligatoria por el momento, si lo es deseable.

Ya que tanto las preferencias del mercado, debido a la necesidad del ahorro energético y por ende económico y la búsqueda del usuario por nuevas prestaciones como son el confort y la salud, así como la dirección en la que se está legislando nos llevan a la búsqueda de construcciones que consuman menos energía, que necesiten menos energía para dotar el interior de un ambiente sano y confortable.

La respuesta a la segunda pregunta se obtiene de un análisis sobre los sistemas constructivos actuales, la profundización en la ausencia de puentes térmicos y continuidad del aislamiento térmico, la presencia de infiltraciones y la necesidad de un control sobre las renovaciones de aire. Por ello para realizar

edificios más eficientes se debe evolucionar y buscar sistemas constructivos eficientes y controlar la ejecución minuciosamente.

Se plantea bajo las premisas indicadas realizar un edificio bajo el prisma de un EECN tomando como objetivo los parámetros del estándar Passivhaus. Para ello y analizando los materiales que se podían utilizar para la edificación bajo el estándar, se busca un material que a modo de piel recubriera el continente sin tocarlo, reduciendo todo lo posible el contacto entre la envolvente exterior y la estructura portante; es decir trabajar con una piel que no produjera puentes térmicos. Otro de los requisitos exigidos es buscar elementos con los que se consiguiera reducir al máximo el espesor del muro completo de cerramiento, ya que esta superficie en una promoción ya sea pequeña o grande puede penalizar la superficie útil global con importantes consecuencias económicas ya que la cantidad de producto final sería menor, sobre todo en una promoción comercial. Se desarrolla por tanto un sistema constructivo mediante un “PIEL LIGERA DE HORMIGÓN” de espesores entre 3 y 5 cm.

PROYECTO OBJETO DEL ANÁLISIS

Se aborda la descripción de un proyecto de vivienda unifamiliar en La Rioja, actualmente en construcción. El proyecto se plantea como un Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo, mediante técnicas pasivas, bajo el estándar Passivhaus. Valorando las premisas de partida a resolver:

- Técnicas: Aislamiento térmico; Eliminación de puentes térmicos; Hermeticidad a base de un estricto control de la estanqueidad; y Sistema de ventilación controlada con recuperador de calor de alta eficiencia.
- Económicas: Rapidez de ejecución; y Material accesible.
- Espaciales: Reducción de espesores de envolvente.

Se opta por un sistema de “PIEL LIGERA DE HORMIGÓN” mediante el uso de PLACA LIGERA DE HORMIGÓN_ZORZANO. Ya que en relación a las cuestiones técnicas resuelve la eliminación de puentes térmicos, garantiza el aislamiento térmico continuo y colabora debido a su acabado final con pintura al silicato para exteriores, a la hermeticidad. La ejecución de la envolvente presenta múltiples ventajas en relación a un material tradicional, el hormigón es un material de fácil acceso en proximidad y economía. Y finalmente los espesores de envolvente global permiten un ahorro considerable de superficie útil, tal como se explica en el apartado de Conclusiones.

La vivienda está situada en La Rioja con orientación norte-sur. Se han tomado en consideración métodos de proyección pasivos como son el uso de elementos móviles de protección solar, para originar sombras y adecuación de la posición de estancias buscando el mayor soleamiento al sur en zonas de día como son el salón y la cocina para obtener la mayor energía posible cedida por el sol y así obtener un aprovechamiento óptimo.

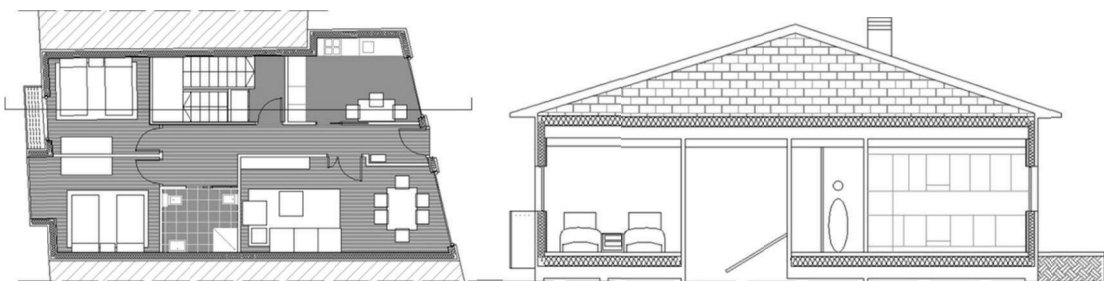


Figura 1. Planta y Sección de la vivienda.

RESULTADOS

En esta sección se analizan los resultados que estamos obteniendo en la fase de redacción de proyecto y dirección de obra.

Para construir un edificio de energía casi nula es muy importante tener bien definido el proyecto y saber sus futuras demandas energéticas antes de empezar la obra; y durante su construcción, realizar las pruebas necesarias para la corrección de posibles errores que se cometan.

Para conseguir estos objetivos hemos utilizado el estándar passivhaus. Durante la fase de redacción de proyecto este sistema permite introducir en un programa informático todos los datos referidos a la envolvente térmica, definición de huecos, ventilación controlada, orientación de las fachadas, clima donde se encuentra el edificio, etc. De tal forma una vez introducidos estos datos obtenemos resultados sobre la demanda energética del edificio que tendrá una vez construido. Como se puede ver en la figura 2 esta vivienda tendrá una demanda de calefacción de 14 kWh/(m²a), lo que supone la séptima parte con respecto a las viviendas construidas con sistemas tradicionales.

Por otra parte el estándar passivhaus también exige realizar pruebas de estanqueidad al aire para evitar las pérdidas de calor por infiltraciones, poniendo como límite una tasa de 0,6 renovaciones. Como se puede ver en la figura 3 con una diferencia de presión de 50 Pascales entre interior y exterior la tasa de renovación de esta vivienda es de 0,5, cumpliendo así con lo exigido por el estándar y reduciendo las infiltraciones de una vivienda actual en una sexta parte.

Valores específicos en relación a la superficie de referencia energética

	Aplicado:	Método mensual	Certificado Passivhaus:	¿Se cumple?
Superficie de referencia energética (SRE):	75,0 m ²			
Demanda específica de calefacción	14	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	Si
Resultado del ensayo de presión	0,6	h ⁻¹	0,6 h ⁻¹	Si
Valor específico de energía primaria (EP) (AC, Calefacción, Refrigeración, Electricidad y Electricidad auxiliar):		kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)	
Valor específico de EP (AC, calefacción, electricidad auxiliar):		kWh/(m ² a)		
Ahorro de EP por la producción propia de energía solar fotovoltaica		kWh/(m ² a)		
Carga de Calefacción:	12	W/m ²		
Frecuencia de sobre-calentamiento en verano	48	%	por encima de 25 °C	
Demanda específica de refrigeración		kWh/(m ² a)		
Carga de refrigeración:	17	W/m ²		

Figura 2. Resumen phpp de una vivienda.

Agoncillo (La Rioja)

Fecha del Test: 03/03/2014

Tasa de Renovación de Aire a 50 Pascales (n50)

METODO B

MORMATIVA Según norma EN 13829

Test sobre la envolvente del edificio

n50 1/H = 0,50

Figura 3. Resultado de la prueba de estanqueidad al aire.

APLICACIÓN DE LA PIEL DE HORMIGÓN

Huecos

La solución constructiva de los huecos se realiza de tal manera que no existan puentes térmicos en el encuentro entra la caja de persiana y el interior, además las mochetas y dinteles ya vienen incorporados en el panel. Para ello una vez construido el muro con placa ligera de hormigón se coloca un premarco de madera que permitirá alojamiento de la caja de persiana externa. El mecanismo de la persiana será eléctrico, de tal forma que se evitan infiltraciones a través del mecanismo de control de la persiana.

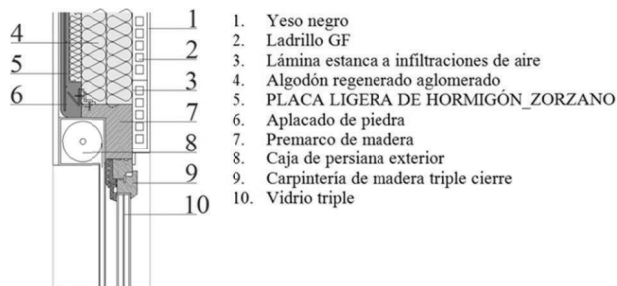


Figura 4. Solución constructiva de huecos.

Encuentro de fachada con forjado inferior

Utilizando panel prefabricado de hormigón de 3cm de espesor con 4cm de aislante en el intradós como sistema constructivo se evitan puentes térmicos con la estructura de una forma sencilla y económica; debido a que en su colocación se utilizan cuatro puntos de apoyo con anclajes, despreciables en los puentes térmicos. En esta imagen se aprecia la continuidad del aislante EPS colocado en el suelo con el aislante de algodón regenerado colocado en las fachadas.

Solución constructiva de fachada (sección horizontal)

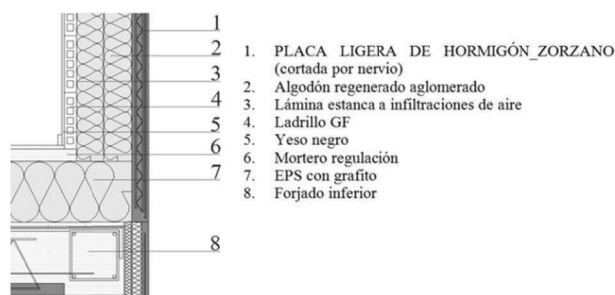


Figura 5. Solución constructiva fachada-forjado inferior.

Encuentro de fachada con forjado exterior

Como se ha citado anteriormente uno de los puntos claves para el diseño de edificios de energía casi nula es la eliminación de puentes térmicos, por eso la utilización de la placa ligera de hormigón es tan importante, ya que nos permite alejarnos de los cantos de forjado lo necesario para pasar por delante

de ellos el aislante que necesitamos para asilar esta vivienda. De esta manera se consigue una continuidad perfecta de la envolvente térmica en todas las superficies de la construcción.



Figura 6. Solución constructiva fachada-forjado superior.

CONCLUSIONES

El espesor de cerramiento global obtenido en la solución adoptada para la ejecución de la vivienda, con PLACA LIGERA DE HORMIGÓN_ZORZANO, es de 36 cm con un valor U de $0,121w/(m^2k)$. Se ha establecido una comparación con otros dos materiales para conformar la envolvente como son el sate y el ladrillo caravista. Analizando estas dos soluciones constructivas los datos obtenidos han sido:

1. para la solución con sate en la parte exterior de la conformación de la envolvente, se ha obtenido un espesor global de 39cm con un valor U de $0,152w/(m^2k)$.
2. para la solución con ladrillo caravista en la parte exterior de la conformación de la envolvente, se ha obtenido un espesor global de 38,5cm con un valor U de $0,151w/(m^2k)$.

En conclusión podemos establecer que es más ventajoso el uso de la solución con PLACA LIGERA DE HORMIGÓN_ZORZANO, ya que obtenemos con menor espesor de cerramiento y por tanto ahorro de superficie útil, un valor U de transmitancia térmica menor.

BIBLIOGRAFÍA

Tectónica 5, Hormigón (II) Ed. ATC Ediciones, S.L., Madrid, España.

Tectónica 25, Hormigón (III)(2007) Ed. ATC Ediciones, S.L., Madrid, España.

Ley 8/2013, de 26 de junio de Rehabilitación, Regeneración y Renovaciones Urbanas.

Idae, Análisis del consume energético del sector residencial en España (2011).

Programa de planificación Passivhaus (Passivhaus Institute).

REDUCCIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA ASOCIADA A CARGAS DE VENTILACIÓN MEDIANTE SISTEMAS DE PRETRATAMIENTO DE AIRE Y MEJORA DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN EL SECTOR RESIDENCIAL

Sergio Rodríguez, Investigador, UPM
Belén Hernández, Investigador, UPM
Adolfo Somolinos, Saint Gobain Placo
Elda Delgado, Investigador, UPM
Sergio Vega, Profesor universitario, UPM
Consuelo Acha, Profesor universitario, UPM

Resumen: Los hábitos de vida y consumo en las sociedades industrializadas señalan que aproximadamente el 90% del tiempo se produce en ambientes interiores acondicionados. En las intervenciones para conseguir EECN, la ventilación y calidad ambiental interior son un aspecto de especial relevancia. En este artículo se estudian tanto en sus aspectos de modelización como de experimentación, elementos que pueden suponer un incremento de eficiencia de ventilación y calidad de aire en ambientes interiores como son; la utilización de la recuperación de calor del aire de extracción, depuración fotocatalítica en elementos constructivos interiores y el pretratamiento térmico de aire de impulsión en elementos de doble fachada y elementos acristalados funcionando con el principio de la chimenea solar. En el artículo se muestran y analizan los datos obtenidos en cuanto a adsorción de contaminantes interiores (HCHO y TVOCS) enfocándose a adecuar su utilización en el entorno de intervención en vivienda.

Palabras Claves: Adsorción de Formaldehído, Calidad de Aire Interior, Pretratamiento Térmico, Recuperación de Calor, Rehabilitación Energética

INTRODUCCIÓN

Los hábitos de vida y consumo en las sociedades industrializadas indican que aproximadamente un 90 % del tiempo se desarrolla en ambientes interiores [ECA 2000][1]. Las características físico-químicas del aire de estos espacios en los que se desarrollan actividades tan importantes como el trabajo, el descanso, la educación y la sanidad han sido materia de estudio y normalización desde hace décadas [ISO 7730:2005, RITE 07, CTE-DB-HS3][2] yendo desde aspectos subjetivos de bienestar (PMV) hasta aspectos de salud y de preocupación por ambientes que promueven ciertas patologías [WHO 2010][3]. Estos aspectos y el empeoramiento de la calidad del aire exterior, y su repercusión en los ambientes interiores, teniendo sobre todo en cuenta el ámbito urbano, hacen necesaria una reenfoque hacia sistemas que mejoren la calidad ambiental interior y contribuyan a la reducción de la demanda energética asociada a los sistemas de ventilación (Directiva 2010/31/UE). En las intervenciones tanto de rehabilitación como de nueva edificación para conseguir Edificios de energía casi nula, la ventilación y calidad ambiental interior son un aspecto de especial relevancia. En suma a todo ello, las exigencias normativas en cuanto a ventilación en ambientes interiores no tienen en cuenta la alta repercusión energética que supone el cumplimiento de los parámetros mínimos exigibles de ventilación y renovación de aire en edificación residencial [SOT 2013][4]. La caracterización de la exigencia en cuanto al caudal de ventilación, en función del número de usuarios, superficie de las estancias, nivel de contaminantes en el ambiente interior y emisividad de contaminantes de los entornos interiores y ocupantes está siendo en la actualidad revisada añadiendo guías (WHO, EPA) de recomendaciones a nivel europeo como americano para añadir consideraciones de concentración de contaminantes,

químicos, físicos y bacteriológicos, para reducir el riesgo de enfermedad o sintomatología asociada de los ocupantes.

Al mismo tiempo, el mandato de reducción de demanda energética asociada a los sistemas de ventilación contempla alternativas, para el sector residencial, que consisten en la instalación de sistemas de ventilación mecánica o híbrida, con recuperación de calor y racionalización y control de los caudales de entrada y salida de aire.

PROYECTO

El proyecto SIREIN+[5] pretende avanzar en el desarrollo de sistemas de rehabilitación energética combinados en edificación, que aúnen la viabilidad técnica, basada en soluciones técnicas existentes e innovadoras tanto para la envolvente completa del edificio como para los sistemas de instalaciones. El objetivo fundamental del proyecto es derribar las barreras existentes en cuanto a la realización de un proceso dirigido y efectivo de rehabilitación energética del parque edificatorio actual [Directiva 2010/31/UE].

Se pretende así posibilitar la rehabilitación energética abordada desde un punto de vista integrador de todos los factores, creando sistemas y combinaciones de sistemas globales válidos para un mercado emergente, que aporte beneficios tanto a los industriales involucrados, como al conjunto de la sociedad.

Dentro de las líneas de investigación del proyecto existe la mejora e integración de sistemas de ventilación residencial que estudia la posibilidad del **pretratamiento térmico** mediante la utilización del principio de la chimenea solar, cómo aplicar a nivel residencial la recuperación de calor del aire de extracción integrados en sistemas de ventilación domésticos híbridos. Así mismo se estudia la aplicación de sistemas constructivos interiores que adsorban de manera continuada en el tiempo contaminantes comunes en los ambientes interiores como son el Formaldehído y las partículas volátiles totales (TVOCs).

MATERIAL Y MÉTODOS

El proyecto cuenta con la colaboración de empresas y entidades de investigación. En la línea específica de ventilación se cuenta con el trabajo de UPM, Saint Gobain Placo, Tecnalía, y ENERES-Fernández Molina.

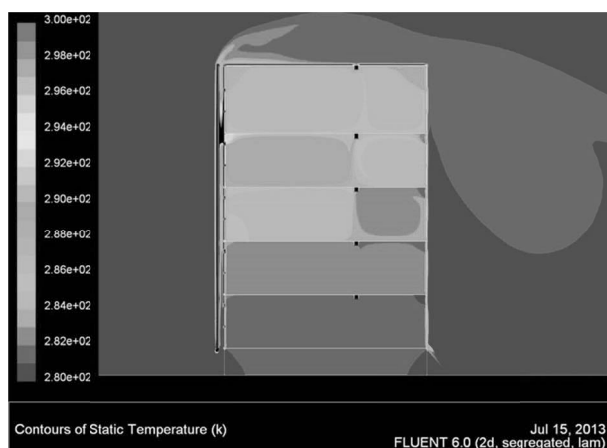


Figura 1. Contornos de gradiente de temperatura en pretratamiento de aire por chimenea solar.

En las fases de diseño y simulación, la Universidad Politécnica de Madrid ha coordinado y realizado los trabajos de diseño y realización del sistema de pretratamiento de aire, estudio de las soluciones en base a yeso para adsorción de contaminantes mediante oxidación fotocatalítica y las simulaciones de sistemas de recuperación de calor integrado en sistemas de ventilación residencial tradicionales.

Los trabajos a realizar en el proyecto incluyen los siguientes aspectos:

- Teoría, simulaciones y diseño de sistema en fachada de pretratamiento de aire mediante el principio de la chimenea solar.
- Teoría y simulaciones de recuperación de calor de aire de expulsión.

La utilización de medios mecánicos o naturales para la recuperación del calor del aire de extracción o calores residuales en fluidos serán evaluados en la siguiente anualidad. Al tratarse de un sistema existente, se discretizarán las mejores opciones de utilización en actuaciones de rehabilitación energética y se compararán sus rendimientos con sistemas de operación natural y los desarrollados en el proyecto. En los gráficos bajo estas líneas se muestran esquemáticamente la utilización de estos sistemas en vivienda tipo a rehabilitar.

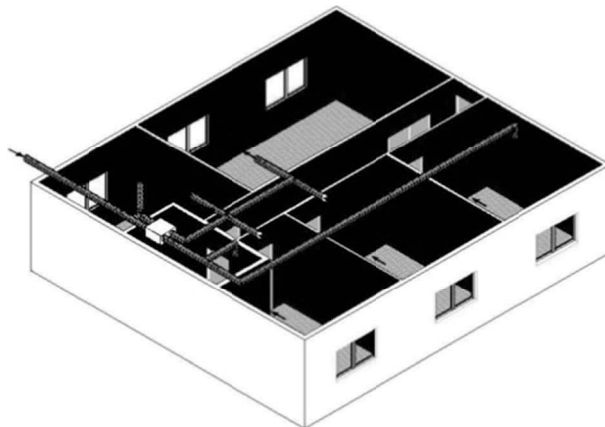


Figura 2. Esquemas de sistemas de recuperación de calor de aire de expulsión en edificación residencial.

- Teoría y simulaciones de limpieza de aire interior

El propósito de la ventilación general es diluir y remover contaminantes generados en el ambiente acondicionado mediante la inyección de aire limpio proveniente del exterior a fin de producir una renovación del aire interior. Comúnmente la ventilación es medida en cambios de aire por hora (ACH) cuya unidad común es h-1, es decir la cantidad de veces que se inyecta el volumen de aire correspondiente al ambiente en un tiempo de una hora.

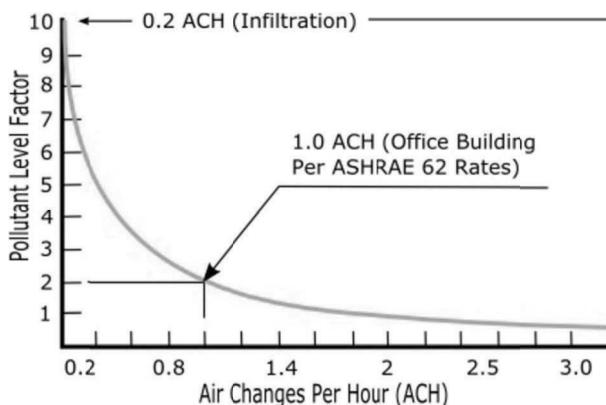


Figura 3. Relación entre renovaciones/hora y concentración de contaminantes.

Cuando se incrementa al doble el caudal de ventilación, se reduce a la mitad la concentración de contaminantes que se encuentran mezclados uniformemente en el aire del ambiente. Saint Gobain Placo, ha introducido al mercado la gama de producto Activ’Air. Esta tecnología patentada por Saint

Gobain mejora la Calidad del Aire Interior mediante la eliminación de uno de los principales compuestos orgánicos volátiles (COV), como es el formaldehído. La Gama de techos Gyptone Activ'Air incorpora novedades en el producto consiguiendo, por un lado, techos saludables por el compromiso con la Calidad del Aire Interior (doble contribución: nivel más bajo de emisiones de contaminantes A+ y eliminación de los principales compuestos orgánicos volátiles COV del aire con Activ'Air) y, por otro lado, techos sostenibles al ser el techo acústico con más bajo consumo de energía y agua y emisiones de CO₂ en su fabricación del mercado, basado en el Análisis del Ciclo de Vida de Producto (ACV). Todo ello manteniendo sus propiedades acústicas y de diseño.

RESULTADOS

Entre los resultados, se han obtenido los datos significativos en referencia a los aspectos estudiados:

Las simulaciones y modelizaciones de pretratamiento de aire, en las cuales se han estudiado diferentes condiciones de contorno, ofrecen las siguientes conclusiones parciales:

- Se observa una mayor eficiencia en el pretratamiento del aire, que aumenta con la altura, y consecuentemente el tiempo en el que se trata el aire que entra desde la base del edificio.
- La velocidad de admisión de aire en la chimenea continúa siendo de relativa importancia para garantizar una efectividad del sistema. Se han simulado velocidades de 0,1 a 2 m/s.
- El gradiente de mejora de la temperatura varía con la altura, llegando a su óptimo en el caso de estudio a 8,25 m.
- Esta diferencia en gradiente térmico supone una reducción en la demanda de energía asociada a la ventilación de hasta un 27% con un gradiente de un 8,2K.

Las simulaciones y modelizaciones realizadas en cuanto a la aplicación de sistemas de recuperación de calor ofrecen resultados prometedores como se observa en la Figura 4, aunque su repercusión en la demanda total de calefacción y refrigeración no suponga una reducción sustancial.

Edificio tipo años 60. Climatología de Madrid	Demanda Refrigeración (kWh)	Demanda Calefacción (kWh)	Total demanda (kWh)
Sin recuperación de calor	1133	8707	9840
Con recuperación de calor	1053	8478	9531
Reducción de Demanda (%)	7	3	4

Figura 4. Datos comparativos de demanda con la utilización de recuperación de calor en el aire de extracción.

Se han observado los ensayos realizados con el producto Activ'Air®, arrojan resultados prometedores de reducción de formaldehídos emitidos por un número importante de elementos constructivos y de mobiliario interior en las viviendas, así como detergentes, diluyentes y productos químicos comunes en el ambiente interior doméstico.

Emisión de HCHO (µg/m ³)	Valor instantáneo gracias a adsorción de HCHO por el producto Activ'Air® (µg/m ³)	Porcentaje de reducción de formaldehído gracias a la utilización del producto Activ'Air® (%)	Límite volumétrico admitido por las guías de referencia (mg/m ³)
30	10	65-70	0.1 (30 min)

Figura 5. Datos comparativos de adsorción de formaldehído con la utilización del producto Activ'Air®.

CONCLUSIONES

A lo largo del presente estudio se ha analizado los beneficios proporcionados por la combinación de soluciones y estrategias aplicadas a sistemas de ventilación en edificación residencial, en soluciones individuales.

A priori, las tres estrategias tratadas dentro de la línea de ventilación del proyecto SIREIN (Pretratamiento térmico, recuperación de calor y limpieza pasiva de contaminantes) ofrecen potencialidad en cuanto a la reducción de demanda de energía asociada a sistemas de ventilación y renovación de aire en el sector residencial.

Estos aspectos, con el necesario tratamiento, ofrecen una solución que, combinada, puede suponer una reducción de esa demanda de alrededor de un 40%, acometiendo el problema desde tres puntos de vista necesarios en el proceso:

- Aumento de la temperatura de entrada del aire en la vivienda mediante pretratamiento en chimenea solar, con la consecuente reducción de carga térmica en su acondicionamiento.
- Recuperación de entalpía del aire de extracción, reduciendo la demanda energética asociada y posibilitando una renovación de aire mayor y con mayor eficiencia.
- Limpieza del aire interior mediante adsorción fotocatalítica de VOCs reduciendo la necesidad de ventilación, la percepción positiva del usuario del aire interior y reducción de molestias respiratorias y visuales.

RECONOCIMIENTOS

La Información que se expone en el presente artículo es fruto de los trabajos de investigación realizados por las entidades Saint Gobain Cristalería (ISOVER), Universidad Politécnica de Madrid (Grupo TISE), Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid, Profine Iberia (Kömmerring), Fernández Molina, Tecnalia y R7 Consultores en el marco del Proyecto SIREIN+, subprograma INNPACTO, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) y Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Dichos resultados son, pues, propiedad exclusiva de las entidades que generaron dicha información en el ámbito del Proyecto SIREIN+.

REFERENCIAS

[1] ECA (European Collaborative Action on, "Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure"), 2000 Risk Assessment In Relation To Indoor Air Quality, Report No 22. EUR 19529 EN. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

[2] Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local (ISO 7730:2005).

[3] World Health Organization, 2010. "WHO guidelines for indoor air quality: Selected Pollutants".

[4] Guillermo Sotorrió Ortega, María Pilar Linares Alemparte, Sonia García Ortega, 2013. "Investigación prenormativa para la revisión del documento de calidad del aire interior". Jornadas internacionales de investigación en construcción: vivienda : pasado, presente y futuro.

[5] "SIREIN: Sistema Integral de Rehabilitación Energética" (IPT-2011-1980-920000). Entidad financiadora: MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN. Entidades participantes: SAINT GOBAIN, UPM, TECNALIA, EMVS, R7 CONSULTORES, KOMMERLING, ENERES-Fernandez Molina.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE HERMETICIDAD (BLOWER DOOR) DEL PROYECTO PREI DE ANERR DEL BARRIO DE FUENCARRAL

Sergio Melgosa Revillas, Gerente, eBuilding

Resumen: El proyecto PREI realizado por ANERR, en el barrio de Fuencarral ha consistido en la rehabilitación integral de un edificio, apostando por el consumo de energía casi nulo. Han sido numerosas las empresas participantes así como las diferentes soluciones aportadas, pero todas encaminadas a conseguir hacer un edificio muy eficiente en el uso de la energía. Para constatar los ahorros obtenidos se ha monitorizado su consumo y además se han realizado ensayos in situ, como el ensayo de hermeticidad (Blower Door). Este ensayo aún es poco demandado en nuestro país y sin embargo aporta una información muy útil si se quiere acometer una rehabilitación pues nos permite cuantificar la permeabilidad al aire de su envolvente midiendo las renovaciones / hora del edificio a diferentes presiones de aire. Los edificios cuentan con numerosas aberturas al exterior, algunas son conocidas y diseñadas para la ventilación del edificio, pero otras muchas son desconocidas tanto por los que intervienen en la obra de construcción como por supuesto por lo que luego viven allí, que finalmente pagan facturas elevadas de energía preguntándose por qué son tan elevadas y achacándolo al elevado precio de la energía u otros aspectos, pero desconociendo que simplemente el aire que calientan se les escapa irremediabilmente por numerosas grietas, grandes y pequeñas, rápidamente en días fríos y de viento, o más despacio, en días de climatología menos desfavorables. Este ensayo se combina con termografía infrarroja (no es obligatorio pero sí recomendable) para mostrar la localización de las entradas de aire, que quedarán marcadas en las termografías con patrones característicos y fácilmente identificables para alguien con experiencia en termografía infrarroja.

Palabras Claves: Airtightness, Blower Door, Estanqueidad, Grietas, Hermeticidad, Infiltraciones, Permeabilidad, Puerta Ventilador

INTRODUCCIÓN

La rehabilitación energética de los edificios es necesaria desde varios puntos de vista, por ejemplo aporta valor al edificio, aumentando su vida útil y el confort de los habitantes de la vivienda. También reduce la dependencia energética de los vecinos, y por tanto, llevándolo a una escala mayor, la del país. Reduce por tanto las emisiones de CO₂ al ambiente, reforzando el compromiso de nuestro país en ese sentido y mejorando el ambiente de las ciudades donde vivimos y pasamos la mayor parte del tiempo, pues los edificios y el transporte son las dos causas de contaminación del ambiente de las ciudades. Además, puede ser y de hecho está siendo, un buen nicho de mercado y trabajo, desplazando al sector de la construcción de viviendas nuevas. Estas por enumerar las más importantes.

Estos valores son el germen del proyecto PREI, Proyecto de Rehabilitación Energética Integral, creado por ANERR, la Asociación Nacional de Empresas de Rehabilitación y Reformas, y del edificio seleccionado para hacer de escaparate o show room de la rehabilitación energética y ejemplo para muchos otros proyectos en otras ciudades.

El edificio seleccionado, y el proyecto, comenzaron en febrero de 2013, cuenta con tres plantas, la planta baja de uso comercial (dedicada actualmente a taller de vehículos), dos plantas de vivienda y planta de cubierta transitable accesible. Con dos fachadas orientadas a Norte y Oeste. Es un edificio de viviendas en bloque típico de los años 60, ubicado en Madrid, en el barrio de Fuencarral (zona climática D3 IV).

La tipología edificatoria cuenta con cerramiento sin ningún tipo de aislamiento. Las instalaciones carecen de sistema de control y disponen de funcionamiento de encendido y apagado. En el fondo es una tipología de vivienda muy extendida lo que permite ser una prueba piloto muy representativa. Sobre este edificio se han aplicado diferentes soluciones de rehabilitación energética, muchas de ellas novedosas, y también se han realizado ensayos y pruebas para constatar la mejora, también algunas novedosas como el ensayo de hermeticidad.

El resultado final ha sido (ya que es una realidad palpable) la de un edificio rehabilitado, modelo para otras rehabilitaciones, con un salto cualitativo y cuantitativo en su consumo energético y el confort de los usuarios.



Figura 1. Vista general del edificio antes de la intervención y Termografía general del edificio, con la paleta de colores Arco iris, para mostrar los principales puentes térmicos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para cuantificar la permeabilidad al aire del edificio se ha realizado un test de estanqueidad, también conocido como Blower Door Test, según la Norma UNE EN 13829, de enero de 2002, "Aislamiento térmico. Determinación de la estanqueidad al aire en edificios. Método de presurización por medio de ventilador".

Este ensayo no es exigido por nuestra normativa actual, pero confiamos en que pronto esto cambie y se equipare a la de otros países de nuestro entorno donde estos ensayos son exigidos por la normativa y muy conocidos por la ciudadanía, como una prueba más que se hace a un edificio o vivienda para garantizar la calidad de la obra.

Como bien dice la Norma UNE en la primera línea de su introducción, "está dirigido a caracterizar la permeabilidad al aire de la envolvente del edificio", es decir, es un método cuantitativo, pues obtendremos un valor numérico del caudal de aire que pasa a través del ventilador (y por tanto de la envolvente del edificio), a una determinada diferencia de presión exterior – interior.



Figuras 2. Durante un test de estanqueidad y la localización de las infiltraciones de aire.

Además, podremos hacer el ensayo cualitativo, si acompañamos a éste de una inspección termográfica donde registremos las infiltraciones de aire de la envolvente (figura 2). Estas termografías nos serán muy útiles para acometer las reformas pertinentes (sellados, reparaciones, juntas, etc.).

Una vez corregidas repetiremos el ensayo y obtendremos un valor menor de permeabilidad al aire y además podremos comprobar mediante termografía infrarroja que efectivamente esas infiltraciones se han eliminado o reducido hasta valores óptimos.

Tanto la despresurización del edificio como la presurización que genera el ventilador no van a ocasionar daños en la construcción, por lo que prácticamente puede considerarse un ensayo no destructivo, que en 3 o 4 horas puede haber concluido y nos puede aportar una información valiosísima de cara a mejorar la eficiencia energética del edificio. Pueden ensayarse desde viviendas en bloque o unifamiliares a grandes edificios, sólo es cuestión de acoplar cuantos ventiladores se necesiten para generar la diferencia de presión que requiere el ensayo.

Como referencia a los valores de hermeticidad en viviendas, adjuntamos la siguiente tabla para definir cuál es el nivel de estanqueidad de un edificio usando el ratio de renovaciones hora cuando el edificio se somete a una diferencia de presión entre el exterior y el interior de 50 Pa (conocido como n50):

Nivel de estanqueidad del edificio	Edificio unifamiliar	Edificio multifamiliar o terciario
Alto	Menor de 4	Menor de 2
Medio	4 a 10	2 a 5
Bajo	Mayor de 10	Mayor de 5

Figura 3. Valor de n50 (1/h) para los diferentes niveles de estanqueidad (Fuente: anexo F, estándar prEN ISO 13790:1999).

Y como referencia a los valores n50 habituales en los ensayos que desde 2012 venimos realizando, hemos encontrado hasta la fecha una media aproximada superior a 5 renovaciones hora en viviendas en bloque (columna 3), lo que nos sitúa en el nivel de estanqueidad bajo.

RESULTADOS

Tras la realización del primer ensayo (el 14/01/2013), en la vivienda del primer piso, el resultado fue:

Resultados		V =	143 m ³	
	V ₅₀	Uncertainty	n ₅₀	Uncertainty
	m ³ /h	%	1/h	%
Despresurización	700	+/- 5 %	4,9	+/- 5 %

Figura 4. Valor n50 del ensayo de estanqueidad y caudal de aire de infiltración.

Un valor n10 de 4,9 renovaciones hora está prácticamente en el nivel de estanqueidad bajo.

Durante la inspección termográfica encontramos que las principales entradas de aire se producían en las carpinterías de las ventanas y en los pasos de instalaciones, como la de los splits de aire acondicionado e incluso enchufes.



Figuras 5. Figuras visuales e infrarrojas de diferentes entradas de aire exterior.

En las termografías, la entrada de aire exterior se aprecia claramente al existir un gradiente de temperatura entre el exterior (frío) y el interior (caliente por el funcionamiento de la calefacción), de manera que aparecen con un tono azulado oscuro, que contrasta con el anaranjado del interior de la vivienda.

Después de las pruebas realizadas y toma de datos en el edificio existente comenzaron las obras de ejecución para la rehabilitación del edificio y, a su conclusión, de nuevo se repitió el ensayo de hermeticidad en la vivienda (el 13/03/2014), obteniéndose un valor de:

Resultados			V =	143 m ³
	V ₅₀	Uncertainty	n ₅₀	Uncertainty
	m ³ /h	%	1/h	%
Despresurización	398	+/- 5 %	2,8	+/- 5 %

Figura 6. Valor n₅₀ del ensayo de estanqueidad y caudal de aire de infiltración.

La mejora de la hermeticidad de la vivienda fue de 2,1 puntos y una reducción en el caudal de aire de renovación de 302 m³/h.

Las mejoras en la hermeticidad se encontraron en el sellado de las nuevas ventanas, con espumas expansivas y otros materiales específicos para reducir o eliminar la entrada de aire no deseada en estas uniones, y en otras aberturas realizadas en las que se puso especial cuidado para que no implicasen una pérdida de hermeticidad.

Conviene aclarar que la vivienda cuenta con entradas de aire naturales, como ventilación la mecánica, pero estas quedan selladas ya que no son esas entradas de aire las que pretendemos localizar con este ensayo sino las que no conocemos y se han originado por defectos de ejecución durante la obra de rehabilitación. Después de realizar el ensayo elementos sellados vuelven a abrirse para que la vivienda esté en las condiciones de uso y diseño.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las conclusiones sobre las implicaciones que tiene en el ahorro energético mejorar la hermeticidad de una vivienda son varias y podríamos extendernos mucho hablando sobre los ahorros energéticos, la mejora del confort y otros puntos, pero nuestra pretensión y conclusión será una, la de poner de manifiesto la enorme utilidad que tiene este ensayo, el test de hermeticidad, tanto en la fase previa cuando se están trazando las líneas a seguir en la rehabilitación, como en la fase final cuando se desea ver que efectivamente se han cumplido los objetivos marcados y se ha finalizado una obra con todas las garantías de calidad exigibles hoy en día.

Esperamos que la relevancia del proyecto PREI de Anerr sirva para dar a conocer más este ensayo y pronto sea una prueba más a realizar en obra nueva o rehabilitación, y recogida en la reglamentación en vigor.

El resultado final, pasar de 4,9 1/ h a 2,7 1/h implica, además de un ahorro energético importante al usuario, un salto de calidad en el proceso constructivo, el control de las juntas, encuentros y uniones de materiales, en el que se ha involucrado toda el personal que ha intervenido en la obra.

RECONOCIMIENTOS

Se quiere hacer un reconocimiento especial a los socios de Anerr que han intervenido en la obra, así como a los dueños de las viviendas que no sólo han sufrido las molestias de las obras sino además toda una serie de pruebas y visitas posteriores.

MÁS ALLÁ DEL EDIFICIO DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO, HALLANDO LA HUELLA DE CARBONO DEL EDIFICIO

Ana Belen de Isla, Arquitecto, LKS INGENIERIA

Elena Macho, Arquitecto, LKS INGENIERIA

Fátima Plaza, Arquitecto, LKS INGENIERIA

Mikel Ruedas, Ingeniero Edificación, LKS INGENIERIA

Ana de la Puente, Arquitecto, ECOINGENIUM

Itxaso Trabudua, Ingeniero Industrial, ECOINGENIUM

Francisco Campo, Ingeniero Industrial, ECOINGENIUM

Eugenio Puerto, Ingeniero técnico, PACAY

Sandra Olmo, Ingeniero técnico, PACAY

Resumen: Los EECN consideran la energía utilizada en la climatización, iluminación y ACS, pero obvian la energía embebida de los edificios; es decir la energía TOTAL consumida para la construcción de ese edificio, que incluiría tanto la energía necesaria para producir los materiales, productos y sistemas constructivos, así como la energía utilizada para su transporte y puesta en obra. Esta comunicación presenta los resultados de la obtención de este indicador con el software E2CO2.0 para un edificio EECN presentado en la primera edición del Congreso, en 2012: Orona IDeO Innovation City comparando el impacto causado por la fase inicial de construcción del edificio con el impacto global de toda la fase de uso y mantenimiento de dicho edificio.

Palabras Claves: Carbono, CO2, e2CO2.0, Embebida, Emisiones, Energía, Huella, Neutro, Software

INTRODUCCIÓN

Los Edificios de Energía Casi Nula consideran la energía utilizada en la climatización, iluminación y suministro de Agua Caliente Sanitaria, pero obvian la energía embebida de los edificios. La ENERGÍA EMBEBIDA es la energía total consumida para la construcción de un edificio. Contempla la energía empleada en los procesos de fabricación de los productos o materiales utilizados para la construcción, la energía consumida por el transporte de estos materiales a obra y la energía utilizada por la maquinaria en la ejecución de las distintas unidades de obra. Junto al concepto de Energía Embebida se suele utilizar también el de HUELLA DE CARBONO, la huella de carbono de un edificio cuantifica el total de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) emitidos a consecuencia de la construcción de dicho edificio medido en masa de CO2 equivalente.

Esta comunicación presenta los resultados de la obtención de la ENERGÍA EMBEBIDA y la HUELLA DE CARBONO para un edificio EECN presentado en la primera edición del Congreso, en 2012: Orona IDeO Innovation City. El objetivo del estudio se centra en conocer la incidencia de este aspecto en el balance energético total de la vida útil del edificio, mediante el análisis comparativo entre el valor del gasto energético de la construcción frente a la energía consumida en el uso del edificio.

Ambos indicadores se han obtenido en todos los casos con el software informático e2CO2.0 desarrollado por las empresas que presentan la comunicación en colaboración con la Base de Precios Centro Guadalajara, con financiación de fondos FEDER, a través del programa GAITEK. Más información sobre esta herramienta en www.e2co2cero.com. e2CO2.0 ofrece a los profesionales del sector de la edificación una ayuda para diseñar edificios promoviendo la selección de materiales más sostenibles, de menor Energía Embebida y/o Huella de Carbono. De esta manera, se reduce su impacto ambiental y los costes de construcción, permitiendo adoptar medidas correctivas antes de que el edificio se realice, y

mejorando su balance energético en el conjunto de su ciclo de vida. Más información sobre esta herramienta en www.e2co2cero.com

METODOLOGÍA UTILIZADA

e2CO2.0 permite realizar una pre-evaluación o cálculo simplificado; válido para las etapas de anteproyecto o proyecto básico, y un cálculo completo con el proyecto de ejecución finalizado. En el caso de estudio se ha recurrido al cálculo simplificado.

Para el desarrollo del trabajo ha sido necesario un análisis de ciclo de vida (ACV) de una gran cantidad de materiales de construcción. Este análisis de ciclo de vida ha sido realizado conforme a las directrices recogidas en las siguientes normas:

- ISO14040:2006. Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework.
- ISO14044:2006. Environmental management. Life cycle assessment. Requirements and guidelines.
- ISO 14025:2006 Environmental labels and declarations. Type III environmental declarations. Principles and procedures.

El trabajo ha incluido la generación de herramientas software propias, desarrolladas por el equipo E2Co2.0, utilizando diversas fuentes, documentación técnica de fabricantes, DAP de materiales, y datos propios. Para las descripciones de productos o sistemas constructivos se ha tomado como base la descripción contemplada en la base de precios CENTRO, del Colegio de Aparejadores de Guadalajara. El análisis de ciclo de vida del material ha tenido en cuenta las siguientes fases y sub-fases:

- Fabricación; Extracción: Transporte a fábrica, Proceso de fabricación, Embalaje
- Transporte: Transporte del producto al lugar de construcción
- Puesta en Obra: Maquinaria, Mano de obra, Medios auxiliares

En ocasiones ha sido necesario realizar asunciones y simplificaciones tomando valores medios o valores esperados en aplicaciones de buenas prácticas constructivas. Para cada una de las etapas se han tomado las siguientes consideraciones:

Fabricación:

- Extracción: calculado según metodología de las normas ISO 14040:2006, 14044:2006 y 14025:2006, procedimiento habitual en el análisis de ciclo de vida y datos medios obtenidos a partir de los fabricantes y fuentes consultadas.
- Transporte a fábrica: Dada la disparidad de datos y casuísticas que pueden encontrarse en este apartado no se ha realizado un cálculo preciso, que no hubiera respondido a la realidad analizada. En su lugar se ha optado por asignar a cada material un porcentaje proporcional al resultado parcial obtenido en la categoría de extracción y fabricación.
- Proceso de fabricación: calculado según metodología de las normas ISO 14040:2006, 14044:2006 y 14025:2006, procedimiento habitual en el análisis de ciclo de vida y datos medios obtenidos a partir de las fuentes consultadas.
- El embalaje: No se ha incluido en el ACV de cada producto al parte proporcional correspondiente al embalaje por no disponer de datos precisos para su cálculo y debido a la escasa incidencia sobre los resultados finales.

Transporte:

- Transporte del producto al lugar de construcción: Se ha realizado el cálculo estableciendo unos porcentajes (en peso) de material con origen local, regional, interregional o nacional e internacional. A cada una de las casuísticas se ha asociado una distancia media y uno o varios de los medios de transporte que habitualmente se utilizaron para trasladar el material a obra.

Puesta en obra:

- Maquinaria y mano de obra: Se ha estimado el consumo de energía y huella de carbono correspondiente a las maquinarias incluidas en la definición de las partidas de BASE CENTRO a partir de potencias y tiempos medios de uso de dicha maquinaria para completar las actividades descritas. No se ha tenido en cuenta la parte proporcional de fabricación y fin de vida de la maquinaria, por considerar que no son directamente imputables a la obra.
- Respecto a la mano de obra, se entiende que su impacto en ambas categorías es nulo, desechando el impacto causado por los empleados en su desplazamiento a obra.
- Medios auxiliares: No se contemplan en el ACV por entenderse reutilizables y con un impacto prácticamente nulo en el conjunto de cada partida.

RESULTADOS OBTENIDOS

Orona Zero es el edificio principal del Parque de Innovación Tecnológica Orona IDeO –Innovation City. Este parque destaca por ser un espacio de fusión entre diferentes actividades sinérgicas -empresa, centro tecnológico y universidad- y un laboratorio donde se aplican tecnologías punteras en sostenibilidad y gestión de energía en los edificios. Orona Zero cuenta con medidas de aprovechamiento pasivo y diseño bioclimático y con certificaciones simultáneas LEED en la modalidad NC y BREEAM.ES COMERCIAL, ambas certificaciones se encuentran en proceso con el objetivo de conseguir ORO y EXCELENTE respectivamente.

Desde sus primeros conceptos arquitectónicos, Orona Zero está fundamentado en un diseño bioclimático para lograr un rendimiento energético eficiente, en base a su orientación, distribución de espacios interiores en función de sus necesidades térmicas y perfiles de temperaturas, porcentajes de huecos, incidencia solar e iluminación interior.

El objetivo es sacar el máximo partido a las medidas pasivas aplicadas y seleccionar los sistemas de generación y consumo de energía más apropiados. Por ello, dispone de un District Heating que se alimenta de energías 100% renovables: biomasa, geotermia y solar térmica, de unos cerramientos con muy baja transmitancia, así como de una cubierta captadora fotovoltaica integrada en la arquitectura y soluciones de elevación con acumulación eléctrica vinculadas a la gestión energética del edificio.

El edificio cuenta con una calificación energética tipo A, certificado obtenido mediante el programa Calener GT, consiguiendo la calificación más eficiente que se puede alcanzar con un consumo de energía anual de 4.336.250,4 MJ (176,4 MJ/m²) y unas emisiones de 333.419,3 Kg CO₂ (13,6 Kg CO₂/m²) en fase de uso y mantenimiento durante su vida útil.

A continuación se muestran los resultados parciales y totales de la Energía Embebida y Emisiones de CO₂ generadas por la construcción de Orona Zero clasificados por los capítulos de obra más habituales: movimiento de tierras, cimentaciones y estructura, envolvente, particiones interiores, acabados interiores y urbanización.

El resultado final anual obtenido alcanza los 494.990.517 MJ para Energía Embebida y 31.211.741 Kg de CO2 equivalente. El capítulo más significativo en ambos indicadores es el de cimentaciones y estructura con 312.543.930 MJ y 19.751.310 kg Co2 respectivamente. El impacto de este capítulo es por sí sólo el 60% del impacto total de la fase de construcción, debido a la compleja estructura metálica necesaria para permitir el diseño inclinado del edificio.

Si confrontamos los resultados obtenidos globalmente en la fase de construcción en relación a los indicadores de la fase de uso y mantenimiento del edificio, obtenemos los siguientes resultados:

- Tomando una vida útil de cincuenta años la fase de construcción supondría la emisión del 65 % de las emisiones de CO2 estimadas para toda la vida útil del edificio sin tener en cuenta su demolición.
- Si referimos los mismos datos a la Energía Embebida, la fase de construcción supone un impacto mayor que el generado por toda la fase de uso y mantenimiento del edificio: 494.990.517 MJ frente a 216.812.500 MJ. Esto es debido a la excepcional eficiencia energética del edificio estudiado así como al alto nivel tecnológico empleado en los sistemas constructivos, basados en soluciones metálicas, muros cortina y fachada ventilada.

A continuación se ofrece una tabla con los resultados obtenidos en cada uno de los capítulos y subcapítulos así como una representación gráfica de la repercusión de cada capítulo en términos absolutos y porcentuales.

CAPITULO	kgCO2	kgCO2/m2*	MJ	MJ/m2*
MOVIMIENTOS DE TIERRAS	5.050.664,44	441,03	78.534.817,68	6.857,74
CIMENTACIONES Y ESTRUCTURAS	19.751.310,47	1.724,70	312.543.930,36	27.291,65
Cimentación y soleras	1.142.160,40	99,73	20.935.793,16	1.828,13
Estructura	18.609.150,07	1.624,97	291.608.137,20	25.463,51
ENVOLVENTE	1.141.205,15	99,65	20.353.052,38	1.777,25
Cubierta	434.710,00	37,96	8.444.516,00	737,38
Fachada	706.495,15	61,69	11.908.536,38	1.039,87
PARTICIONES INTERIORES	607.090,24	53,01	7.098.310,23	619,83
ACABADOS INTERIORES	2.221.524,35	193,99	36.225.730,65	3.163,27
Suelos	820.502,67	71,65	13.156.965,83	1.148,88
Revestimientos interiores	1.369.656,40	119,60	22.414.394,39	1.957,25
Acabados interiores	31.365,28	2,74	654.370,43	57,14
URBANIZACIÓN	372.171,12	32,50	2.839.426,86	247,94
INSTALACIONES	1.849.697,02	161,52	36.993.940,44	3.230,35
TRANSPORTE A OBRA	218.078,72	19,04	401.308,83	35,04
TOTAL	31.211.741,51	2.725,44	494.990.517,43	43.223,06

Figura 1. Tabla de resultados obtenidos con E2CO2.0.

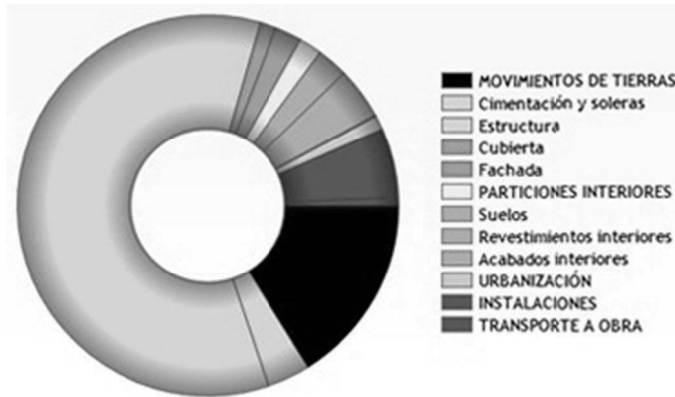


Figura 2. Energía embebida por capítulos de obra. Resultados porcentuales.

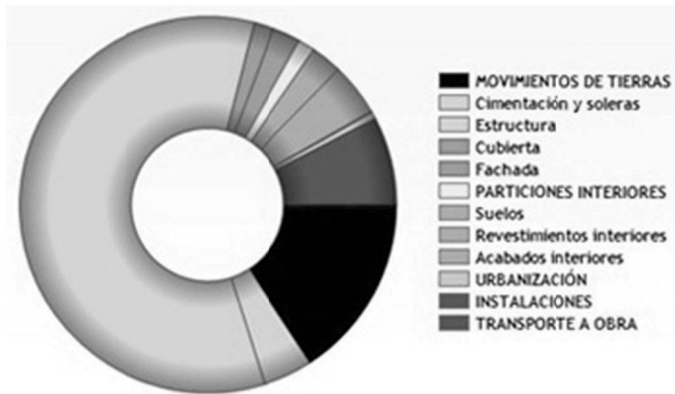


Figura 3. Huella de carbono por capítulos de obra. Resultados porcentuales.

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

En el caso del edificio Orona Ideo, la comparación entre la energía empleada en el uso y la energía embebida de la construcción se ve fuertemente afectada por la condición del edificio de EECN, haciendo que el impacto relativo de la construcción sea comparativamente más alto que en edificios convencionales. Si comparamos el impacto de la energía embebida con un edificio de referencia que cumpla estrictamente con los criterios del CTE modelizado según LIDER-CALENER, obtendremos que el gasto energético en la construcción es equivalente al gasto energético a lo largo de 30 Años. Por otra parte, el hecho de que los edificios cada vez sean más eficientes en el consumo energético en la etapa de uso del edificio, disminuyendo su demanda energética a través de las medidas contenidas en la actualización del CTE, hace que la energía embebida de los edificios tenga mayor importancia, y por tanto deba contemplarse en la calificación energética.

Otro de los aspectos que se pone de manifiesto en este estudio es la gran repercusión de la estructura (entre un 40-80%) en el cómputo de la energía incorporada en la construcción, un argumento más para apoyar la rehabilitación y reutilización de edificios y estructuras preexistentes. Se estima que de este modo se podría ahorrar hasta un 60% de la energía empleada actualmente en el proceso de edificación.

CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LOS INDICADORES

Por último, nos gustaría apuntar posibles límites de los indicadores empleados en el cálculo de la energía embebida y cómo la herramienta trata de responder en cada caso.

En primer lugar, el cálculo de ACV desarrollado para cada uno de los componentes constructivos se ha basado en un producto estándar incluido en la base de precios, de forma que no se tienen en cuenta procesos específicos de una determinada marca o producto en el que la fabricación del material pueda realizarse por ejemplo empleado fuentes de energías renovables, que harían disminuir su huella de carbono. El programa E2CO2.0 permite incorporar productos con rendimientos distintos al estándar a través de su versión simplificada.

Por otra parte, el indicador de la energía embebida no aporta información sobre la vida útil del producto, esta información sería muy relevante ya que la durabilidad del producto se traduce en un plazo de amortización mayor del coste energético inicial. La vida útil de los distintos materiales, componentes y sistemas que constituyen el edificio difieren drásticamente unos de otros, por lo que la integración de la energía necesaria en el mantenimiento del material, así como la empleada en el fin de vida del producto, complementarían la información contenida en la herramienta actual, y podrían ofrecer argumentos para compensar los impactos iniciales de la incorporación de un determinado material en el proyecto.

EFFECTO DE LA PARAFINA MICROENCAPSULADA COMO MATERIAL DE CAMBIO DE FASE EN EL MORTERO DE CAL AÉREA

Isabel Cebrián Renedo, Doctorando, Escuela de Arquitectura, UPM

Resumen: La necesidad de buscar soluciones constructivas que reduzcan la dependencia energética de los edificios ha impulsado el estudio de los Materiales de Cambio de Fase (PCM) en la arquitectura, como materiales de almacenamiento de calor latente a incorporar en materiales construcción. Los morteros de cal son buenos materiales de construcción a tener en cuenta en la rehabilitación de los revestimientos de un edificio, debido a su plasticidad y trabajabilidad, buena adherencia al soporte, facilidad en el amasado y menor fisuración que otros materiales. El artículo muestra el desarrollo y caracterización de un nuevo material de construcción que consiste en la incorporación de parafina microencapsulada (Micronal BASF) en el mortero de cal, evaluando su efecto sobre las propiedades físicas y mecánicas. Para ello se ha evaluado su incorporación en proporciones de hasta un 20% en peso, obteniendo distintos compuestos que se ensayan en el laboratorio para determinar su trabajabilidad, densidad en estado fresco y endurecido su resistencia a la compresión y a la flexotracción. Según los ensayos mecánicos realizados tras 28 días, se obtuvieron resistencias a flexotracción del orden de 2,50MPa en morteros de cal con 12% en peso de PCM, mientras que las resistencias a la compresión fueron de 3,50 MPa, indicando que es posible añadir parafina microencapsulada en los morteros de cal aérea, sin reducir su resistencia mecánica y, con el posible aumento de su capacidad de almacenamiento de energía.

Palabras Claves: Almacenamiento de Energía, Materiales de Cambio de Fase, Microencapsulación, Mortero de Cal Aérea, Parafina

INTRODUCCIÓN

La necesidad de buscar formas de acondicionamiento pasivo basados en el ahorro energético, es una de las estrategias fundamentales fomentadas desde la UE, ya permite reducir la demanda de energía en el sector de la construcción y limitar el uso de combustibles fósiles (A Abha, 1983). En la construcción uno de los principales inconvenientes de los edificios ligeros es su pequeña masa térmica, esto implica importantes fluctuaciones de temperatura que suelen solucionarse con un gasto importante en calefacción y aire acondicionado, una solución a esta situación sería la introducción de los PCMs en la envolvente del edificio.

Durante las últimas décadas se iniciaron investigaciones con PCM y su posible aplicación a la construcción, con el fin de desarrollar nuevos materiales acumuladores de energía. A partir de la década de 1990, el Departamento de Física de la Construcción y Materiales de Construcción de la Universidad Técnica de Lodz comenzó a investigar si los materiales de cambio de fase orgánicos que se podrían incorporar en los materiales de construcción tradicionales como el yeso o la cerámica. Muchos de los análisis experimentales se realizaron mediante el ensayo térmico denominado Differential Scanning Microcalorimeter (Romanowska y Jablonski 1995, Klemm, 1995) y los resultados mostraron una potencial de almacenamiento de energía térmica muy elevado.

Los PCM orgánicos (por ejemplo parafinas) se pueden impregnar en la estructura porosa de materiales de construcción tradicionales, como los tableros de yeso, los bloques de hormigón o los ladrillos, que se utilizan como revestimientos interiores (A Abhat, 1983). Las investigaciones actuales se han centrado especialmente en tableros de yeso, bloques de hormigón con PCM y en morteros de cemento (Luisa F. Cabeza et al, 2007) (Feldman, D. B. D., 1991) (Salzer et al, 1985), (Shapiro et al, 1987), (Banu et al, 1998), (Kudhair y Farid et al, 2004), (Zalba et al. 2003), (A. Oliver, 2009).

El número de trabajos de investigación que estudian la aplicación de los PCM en morteros de cal es muy limitado. En el ámbito del mortero en base cal existen varios grupos de investigación que están realizando estudios en relación a la mejora de las propiedades mecánica y térmicas del mortero al adicionar parafina microencapsulada, como material de cambio de fase (S.Lucas, et.Al, 2010), (L. Ventolà, et Al, 2014) (Annabelle Joulin, et Al, 2014).

EL PROYECTO

Materiales estudiados

En este estudio se ha seleccionado como material de cambio de fase el PCM denominado MICRONAL DS 5008 X (BASF.), con una entalpía asociada de 100 kJ/Kg y una temperatura de cambio de fase de 23°C. La cal aérea utilizada fue del tipo CL-90-S, alto contenido en cal, apagada en forma de polvo seco (fabricante CALCASA). La arena de río utilizada tiene un tamaño de partícula comprendido entre 2 mm a 0,063mm y un tamaño medio de partícula de 0,5 mm. La relación cal/árido fue de 1/3 en volumen.

Desarrollo experimental

Las mezclas del mortero de cal se prepararon utilizando la cantidad de agua necesaria para obtener una consistencia normal y buena trabajabilidad (medido por la prueba de la mesa de flujo) según se adicionaba el %peso de PCM desde un 0% a un 20% en peso del total, trabajándose con relaciones agua / cal que van desde 1 a 1,5.

- Diámetro de escurrimiento: La medición de la trabajabilidad se realizó según la Norma UNE EN 1015-3, de determinación de la consistencia de mortero fresco mediante la mesa de sacudidas.
- Densidad aparente en estado fresco: En las diferentes probetas se midió la densidad aparente del mortero fresco, siguiendo el método de la Norma UNE EN 1015-6 con alguna modificación.
- Ensayos de flexión y compresión en estado endurecido: Se procedió a rotura de probetas en máquina de compresión y flexión a 28 días siguiendo la norma UNE EN 1015-11 Resistencias a flexión y a compresión.

Mezcla de prueba		Dosificación por m ³				% PCM respecto al peso total	Relación agua/cal
		Cantidades en peso (kg)					
Nº	Identificación	Cal	Agua	Arena	PCM		
1	M0(1)	376	385	1128	0	0	1,0
2	M0(1,3)	347	432	1041	0	0	1,3
3	M0(1,5)	273	410	1185	0	0	1,5
4	M0(1,7)	203	345	1438	0	0	1,7
5	M4(1,3)	319	414	958	62	4	1,3
6	M4(1,5)	300	417	901	65	4	1,5
7	M7(1,3)	300	400	901	91	7	1,3
8	M7(1,5)	284	423	851	111	7	1,5
9	M12(1,5)	279	425	720	175	12	1,5
10	M12(1,7)	240	430	711	188	12	1,7
11	M15(1,5)	301	452	484	216	15	1,5
12	M19(2,6)	172	445	516	269	19	2,6

Figura 1. Tabla: Probetas-dosificaciones.

RESULTADO

Estado fresco

Diámetro de escurrimiento: La influencia del contenido de agua en el diámetro de escurrimiento de las mezclas es evidente, como puede observarse en la figura 2, a diferencia de las muestras sin PCM se observa que la incorporación de éstos, aumenta la demanda de agua de las mezclas.

Resultados promedio					
PCM		Agua		Cal (kg)	Escorrimento (mm)
kg	% en peso	Litros	% en peso		
0	0	395	24	315	180
61	4	415	25	307	172
101	7	417	27	298	154
181	12	425	30	260	150
269	19	445	30	172	160

Figura 2. Tabla: Resultados promedio obtenidos de las cantidades de agua y escurrimiento.

En la figura 3 se puede apreciar como varía la densidad del mortero fresco y endurecido a 28 días. La densidad del mortero baja a medida que se aumenta la cantidad de PCM, esto se debe al aumento en el mortero de cal de dos materiales de menor densidad, como son las microcápsulas y el agua.

Mezcla de prueba		Densidad mortero fresco (kg/dm ³)	Densidad mortero 28 días (kg/dm ³)
Nº	Identificación		
1	M0(1)	1,92	1,71
2	M0(1,3)	1,93	1,60
3	M0(1,5)	1,93	1,65
4	M0(1,7)	1,40	1,69
5	M4(1,3)	1,77	1,48
6	M4(1,5)	1,76	1,46
7	M7(1,3)	1,69	1,46
8	M7(1,5)	1,65	1,44
9	M12(1,5)	1,50	1,26
10	M12(1,7)	1,48	1,25
11	M15(1,5)	1,42	1,15
12	M19(2,6)	1,41	1,13

Figura 3. Tabla: Variación de la densidad del mortero fresco y endurecido-cantidad de PCM.

Estado endurecido

En las ilustraciones 1 y 2 se muestran las resistencias a flexo tracción y a compresión a 28 días para unas relaciones agua/cal de 1,5 y de 1,3. Como se puede observar a partir de dosificaciones en peso de 7% de PCM la resistencia mecánica aumenta, tendencia que también presentan los estudios realizados por (S.Lucas, et.Al, 2010), (L. Ventolà, et Al, 2014). Las partículas de PCM tienden a llenar los poros más grandes, contribuyendo a lograr una mejor microestructura y una mejor compactación.

Se obtuvieron a flexotracción del orden de 2,50 MPa en morteros de cal con PCM al 12%, mientras que las resistencias a compresión fueron del orden de 3,50 MPa en morteros de cal con porcentajes en peso de PCM del 15%. En comparación con las investigaciones de (L. Ventolà et Al, 2014) para morteros de cal aérea con 10% peso de parafina obtenían 3,16MPa, se puede observar como aumenta la resistencia al aumentar el contenido de PCM.

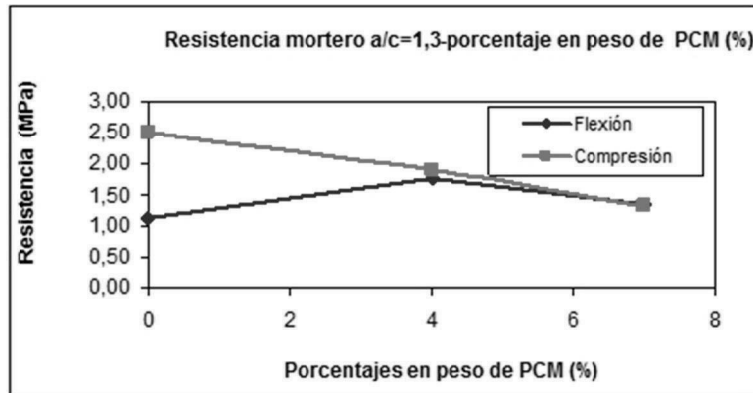


Figura 4. Resistencia a flexión y compresión del mortero-porcentaje en peso de PCM (a/c=1,3).

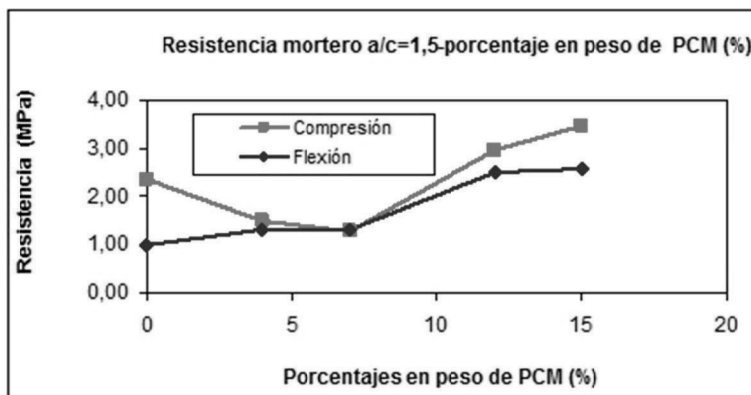


Figura 5. Resistencia a flexión y compresión del mortero-porcentaje en peso de PCM (a/c=1,5).

CONCLUSIONES

- El objetivo principal de este estudio ha sido el de llevar a cabo una investigación experimental para caracterizar los efectos en las propiedades en estado fresco y endurecido de la adición del parafina microencapsulada en el mortero de cal. Se consideran de sumo interés los PCM microencapsulados, que permiten agregarlos a los materiales de construcción convencionales sin perjudicar sus propiedades.
- Se ha podido observar una disminución del diámetro de escurrimiento y de la densidad del mortero fresco y endurecido, según aumenta el contenido en PCM sin añadir ningún tipo de aditivo. Para poder realizar mezclas con un porcentaje en peso de PCM de un 20%, se tuvo que utilizar una gran cantidad de agua para obtener una buena puesta en obra del material fueron (relaciones agua/cal de 2,6), pudiendo concluir que para reducir la relación agua/cal a valores en torno a 1,2 resultaría necesario la utilización de plastificantes.

- Una dosificación inadecuada del agua afecta al aspecto externo, la retracción, la aparición o no de fisuras, la rigidez del mortero o y su densidad, entre otras características. Se pudo observar al sacar las probetas de los moldes como, aquellas con unas relaciones agua/cal mayores (1,7 y 2,6) presentaban mayor retracción volumétrica que aquellas con menores relaciones agua/cal (1; 1,3).
- Según el estudio realizado los ensayos de mecánicos después de 28 días, indican que es posible añadir PCM para morteros de cal aérea, sin poner en peligro su resistencia mecánica estado endurecido. De las mezclas ensayadas, la más adecuada sería la mezcla de mortero de cal con un 12% en peso de PCM y una relación agua/cal de 1,5 ya que presenta una mejora de su resistencia mecánica.
- Como conclusión final comentar el hecho de que el campo de investigación de los materiales de cambio de fase es un campo con un futuro prometedor y aún por desarrollo en el ámbito de la rehabilitación de la envolvente de los edificios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Oliver A. 2009, *Integración de materiales de cambio de fase en placas de yeso reforzadas con fibra de polipropileno, Aplicación a sistemas de refrigeración y calefacción pasivos para almacenamiento de calor latente en edificios*. Tesis Doctoral, UPM.

A Abhat, 1983, *Low temperature latent heat thermal energy storage: heat storage materials*. Solar energy vol 30, num 4 313-332.

Luisa F. Cabeza, Cecilia Castello, Miquel Nogue's, Marc Medrano, Ron Leppers, Oihana Zubillaga, 2007, *Use of microencapsulated PCM in concrete walls for energy savings*. Energy and Buildings Volumen 39, pag 113-119.

Feldman, D. B. D., Hawes D., Ghanbari E. *Obtaining an energy storing building material by direct incorporation of an organic phase change material in gypsum wallboard*. Solar Energy Materials, 1991. 22 231-242.

S. Lucas, L. Senff, V. M. Ferreira, J. L. Barroso de Aguiar, J. A. Labrincha. 2010, *Fresh State Characterization of Lime Mortars with PCM Additions*.

L. Ventolà, M. Vendrell, P. Giraldez, 2013, *Newly-designed traditional lime mortar with a phase change material as an additive*.

Annabelle Joulin et al, 2014, *Experimental investigation of thermal characteristics of a mortar with or without a micro-encapsulated phase change material*.

LARIXHAUS: APLICACIÓN DE UN SISTEMA PREFABRICADO CON ENTAMADO DE MADERA PARA EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA

Oliver Style, Director Técnico, Progetic
Albert Fargas, Coordinador de Proyectos, Farhaus
Manuel García Barbero, Arquitecto, Klimark

Resumen: Se presenta un innovador sistema constructivo prefabricado en madera con aislamiento de paja, aplicado a una vivienda unifamiliar aislada de energía casi nula, construida a finales del 2013 en la localidad de Collsuspina, Catalunya. La Larixhaus está diseñada y ejecutada para cumplir con los requisitos del estándar Passivhaus, un estándar energético de edificios de energía casi nula. El sistema modular en seco ofrece una solución constructiva basada en materiales renovables, proveyendo una envolvente térmica pasiva de elevadas prestaciones energéticas con una factura energética mínima. La aplicación moderna de ensamblajes madera-madera tradicionales, cortados numéricamente sobre planimetría 2D y 3D y cerrados con tornillería simple en la cara interior, eliminan los puentes térmicos y patologías constructivas. El sistema es escalable y reproducible para cualquier tipología de edificio.

Palabras Claves: Confort Térmico, Larixhaus, Madera, Passivhaus, Prefabricación, Puente Térmico

INTRODUCCIÓN

El 40% del consumo energético total de la Unión Europea corresponde a los edificios en su fase de uso (Parlamento Europeo 2010, pag. 153/1). La refundición de la Directiva Europea relativa a la eficiencia energética de los edificios 2010/31/EU requiere que para el año 2020, todos los edificios de nueva planta sean de energía casi nula, en donde la pequeña demanda energética se suministre mayoritariamente desde fuentes de energía renovable. Hasta la fecha la transposición de las exigencias específicas de la Directiva al Código Técnico de Edificación Española ha sido limitada. A esto, es necesario sumar la problemática de la desviación entre el consumo energético previsto y el consumo real de los edificios, que oscila entre un 50 % y 250 % (Taylor, 2013, p.19). Esta situación pone en evidencia fallos de diseño y ejecución. Su análisis y corrección son necesarios para reducir el consumo energético del parque edificatorio español y para mejorar las condiciones de confort térmico y salubridad para los usuarios. Las ventajas macro-económicas de conseguir este objetivo se centran en la reducción de la dependencia energética exterior y una reactivación de un sector que ha sufrido una contracción severa en los últimos años.

Los edificios Passivhaus de energía casi nula se caracterizan por una envolvente térmica de elevadas prestaciones energéticas, cuidadosamente diseñada y rigurosamente ejecutada. Una envolvente con estas características permite una simplificación de las instalaciones activas y un ahorro económico que compensa una parte de la inversión adicional que requiere la envolvente del edificio.

Este tipo de envolvente se caracteriza por la eliminación de los puentes térmicos a través de una capa continua de superaislamiento, vidrios y carpinterías de alto rendimiento térmico en huecos, una capa estanca continua que elimina las infiltraciones de aire exterior indeseadas y un sistema de ventilación mecánica con recuperación de calor de alta eficiencia. El uso de la ventilación mecanizada durante el periodo invernal no impide la ventilación natural cuando las temperaturas exteriores se acercan a la temperatura de confort térmico.



Figura 1. Larixhaus, edificio acabado y Visualización en 3D de la estructura del sistema constructivo Larixhaus.

La integración de soluciones pasivas y activas provee un edificio de alto confort térmico con una buena calidad de aire interior y una factura energética muy reducida. La pequeña demanda de energía puede ser suministrada desde fuentes de energía renovable a un coste óptimo. Se reducen las patologías constructivas, los problemas de salud e higiene, y la incidencia del síndrome del edificio enfermo para los usuarios. Los datos de monitorización de los consumos energéticos reales en edificios Passivhaus demuestran una desviación mínima entre el consumo previsto y el real (Feist et al 2001, pag. 26).

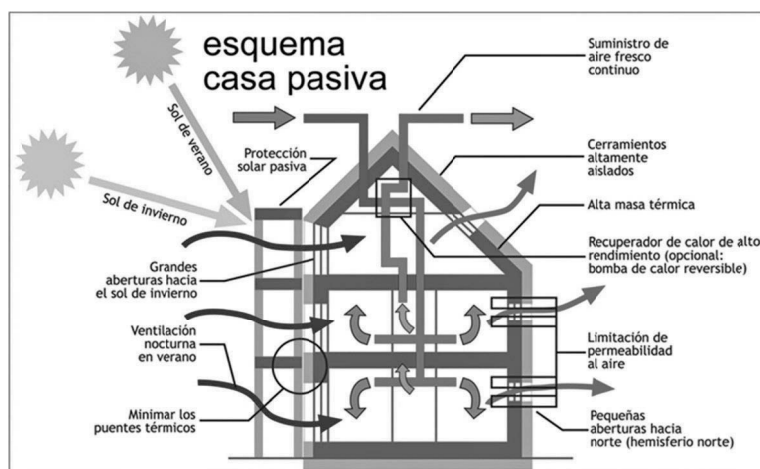


Figura 2. Esquema de un edificio Passivhaus.

La metodología Passivhaus ofrece una hoja de ruta comprobada para llegar a cumplir los objetivos de la Directiva Europea 2010/31/EU de edificios de energía casi nula. Su adaptación y aplicación a la variedad de climas de la península Ibérica está comprobada en las 12 construcciones Passivhaus realizadas hasta la fecha en España (Plataforma de Edificación Passivhaus, 2014). Diseñar y construir edificios de energía casi nula es, hoy en día, tecnológicamente y económicamente viable en España. No es necesario esperar hasta el 2020 para cumplir con la Directiva.

La industrialización en el sector de la construcción se sitúa frente a la necesidad de cumplir con los compromisos de la Directiva y ejecutar edificios de muy bajo consumo energético a coste óptimo. Este artículo presenta un sistema prefabricado en entramado de madera para edificios de energía casi nula, sus prestaciones térmicas calculadas, y su aplicación en una vivienda unifamiliar aislada construida a finales del año 2013.

EL PROYECTO

El objetivo del proyecto era diseñar y construir una vivienda unifamiliar aislada de energía casi nula con un sistema prefabricado de entramado de madera con aislamiento de paja, sin exceder un presupuesto de ejecución material de 1.200 €/m², en un tiempo de 8 meses desde el anteproyecto hasta la entrega de la obra. El anteproyecto se inició en Mayo del 2013 y los propietarios entraron a vivir en el Diciembre del 2013.

La vivienda cuenta con una superficie útil calculada según el método del Passive House Planning Package (PHPP) de 92 m², en dos plantas. El edificio tiene un factor de forma del 0,78 y una relación de aspecto de 1:1,3, diseñada y construida para cumplir con el estándar Passivhaus. El ensayo de estanqueidad dio un resultado 0,32 renovaciones/hora a una diferencia de presión de 50 Pascales, aproximadamente 15 veces más estanca que la media de las viviendas de nueva construcción en España.

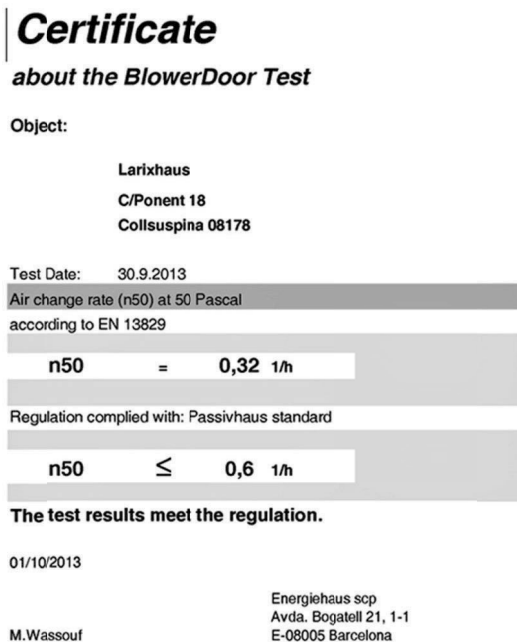


Figura 3. Resultado del Ensayo de Estanqueidad, Larixhaus.

A través de una envolvente eficiente y un sistema prefabricado de entramado de madera laminada con aislamiento de paja, la Larixhaus tiene una demanda de calefacción calculada con la herramienta PHPP de 15 kWh/m².a: aproximadamente un 80% menos que una construcción convencional según la normativa actual del CTE. La vivienda cuenta con la máxima certificación energética "A" según el método de cálculo nacional.

El índice de sobrecalentamiento en verano se ha calculado en un 3 %, o 263 horas del año cuando la temperatura interior $\geq 25^{\circ}\text{C}$. El límite para cumplir con el estándar Passivhaus es el 10 %. Las estrategias de diseño empleadas para combatir el sobrecalentamiento en verano son: aislamiento térmico en fachada y cubierta, ventiladas; control de la superficie acristalada en huecos y su factor solar; elementos de protección solar exteriores; y la ventilación natural nocturna.

Se está preparando un sistema de monitorización de los consumos energéticos y parámetros ambientales para determinar el comportamiento del edificio y la desviación entre consumo calculado y real. Está previsto monitorizar durante un periodo de dos años.

Térmicamente, la madera contra-laminada como elemento estructural ofrece una reducida conductividad térmica en comparación con estructuras convencionales (madera: $\lambda = 0,13 \text{ W/m.K}$; hormigón armado: $\lambda = 2,10 \text{ W/m.K}$; acero: $\lambda = 50,00 \text{ W/m.K}$). Esto facilita la reducción y/o eliminación de los puentes térmicos. La prefabricación del sistema constructivo, con materiales naturales y no-tóxicos (madera, paja, y corcho), permite una alta calidad de ejecución con detalles constructivos de altas prestaciones térmicas, tiempos de montaje reducidos con un ahorro económico en el coste de ejecución material, una mínima generación de residuos in-situ, y la creación de un ambiente interior saludable y cómodo. La experiencia del proyecto resaltó la importancia de una proyección rigurosa i empíricamente comprobada al momento de usar aislamientos no-convencionales (como la paja), acompañados de un estricto control de calidad y ejecución.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el diseño del sistema e intercambio de datos gráficos, se usaron los programas AUTOCAD y CPYCAD. Para la industrialización virtual y creación del despiece para el robot de corte se usó el programa Dietrich. Los cálculos estructurales se han realizado de forma manual en base a las normativas vigentes del Código Técnico de Edificación, establecidas en el DB HE-SE. El edificio cumple con las exigencias del DB SI referente a la seguridad en caso de incendio.

Para el análisis y optimización térmica se usaron los programas PHPP y Dartwin Mold Simulator. Los cálculos térmicos se han realizado según UNE EN ISO 13790, 10211, 6946, 13370, 13788, 13789, 673. El ensayo de estanqueidad se realizó según UNE EN ISO 13829. El sistema constructivo cumple con las exigencias del Código Técnico de Edificación, establecidas en el DB HE1.

RESULTADOS

Las siguientes imágenes muestran los resultados de cálculo de tres detalles constructivos del sistema Larixhaus y sus correspondientes coeficientes de puente térmico. Los cálculos se han realizado según la normativa UNE-EN ISO 10211, siguiendo del protocolo del Passivhaus Institut, con referencia a dimensiones exteriores.

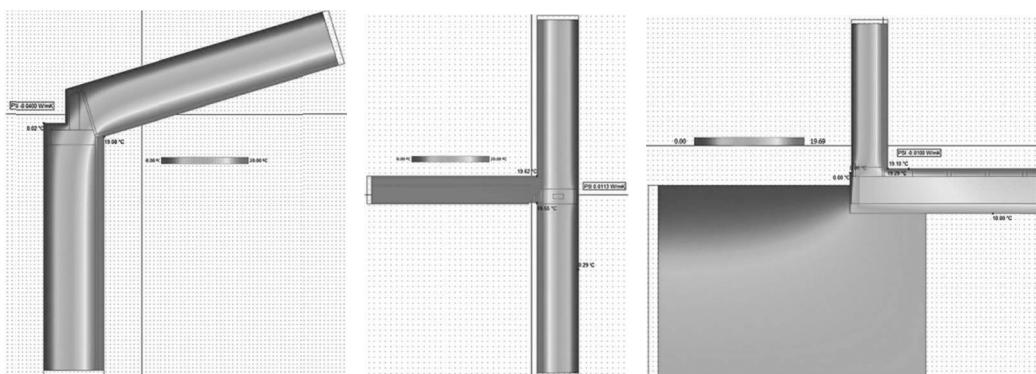


Figura 4. Izquierda: Resultado de cálculo, detalle Cubierta - Pared Exterior, Larixhaus. Centro: Resultado de cálculo, detalle Forjado - Pared Exterior, Larixhaus. Derecha: Resultado de cálculo, detalle Solera - Pared Exterior, Larixhaus.

La siguiente tabla muestra los resultados de cálculo del coeficiente térmico de cada detalle.

Detalle constructivo	Tipo de puente térmico	Ψ [W/m.K]
Solera – Pared Exterior	Perimetral	- 0,0100
Forjado – Pared Exterior	Ambiente exterior	0,0113
Cubierta – Pared Exterior	Ambiente exterior	-0,0400

Figura 5. Tabla: Resultados de cálculo de coeficientes de puente térmico, tres detalles constructivos del Sistema Larixhaus.

DISCUSIÓN

Los detalles constructivos tienen un impacto directo sobre los consumos energéticos de un edificio de energía casi nula. Si un detalle está mal diseñado y no permite la continuación sin interrupción de la capa de aislamiento, ofrece una ruta de salida para el calor y resulta en una pérdida energética. La Figura 6 muestra las pérdidas energéticas calculadas en los detalles presentados arriba, usando el método de cálculo simplificado mensual, recogido en la norma UNE-EN ISO 13790. Un detalle con $\Psi \geq 0,01$ W/m.K se considera un detalle constructivo de alta calidad energética y constructiva, libre de puente térmico. Dónde: L = Longitud del puente térmico [m]; G_t = Grados día [kKh/a]; Q = Demanda de calefacción [kWh/a]

Detalle constructivo	Longitud L (m)	Ψ [W/m.K]	G _t [kKh/a]	Q [kWh/a]
Solera – Pared Exterior	32,75	- 0,0100	47	- 15,39
Forjado – Pared Exterior	16,37	0,0113	70	12,95
Cubierta – Pared Exterior	18,47	-0,0400	70	- 51,72
Pérdida energética				- 38,63

Figura 6. Tabla: Resultado de cálculo de pérdidas energéticas, tres detalles constructivos del Sistema Larixhaus.

A modo comparativo, la Figura 7 muestra un cálculo de las pérdidas energéticas a través de los mismos tres detalles, basado en coeficientes de puente térmico estimados de detalles constructivos convencionales, de baja calidad energética y constructiva.

Detalle constructivo	Longitud L (m)	Ψ [W/m.K]	G _t [kKh/a]	Q [kWh/a]
Solera – Pared Exterior	32,75	0,3000	47	461,78
Forjado – Pared Exterior	16,37	0,0300	70	34,38
Cubierta – Pared Exterior	18,47	0,0500	70	64,65
Pérdida energética				560,81

Figura 7. Tabla: Resultado de cálculo de pérdidas energéticas, tres detalles constructivos convencionales.

La Figura 8 muestra el resultado de cálculo comparativo de las pérdidas energéticas en los tres detalles estudiados.

Demanda de calefacción	Q [kWh/a]
Detalles sistema Larixhaus	- 38,63
Detalles sistema convencional	560,81
Ahorro energético	599,44

Figura 8. Tabla: Resultado de cálculo comparativo de pérdidas energéticas, tres detalles constructivos, Larixhaus.

Los resultados indican que los tres detalles constructivos analizados conllevan un ahorro energético de 599,44 kWh/a comparado con un sistema convencional. Traducidos al edificio en su totalidad y suponiendo que cuenta con un generador térmico con un rendimiento del 90 %, alimentado con gas natural a un precio de 0,07 €/kWh (con IVA), el ahorro económico anual (tomando en cuenta estos tres detalles constructivos únicamente) será de aproximadamente 46,62 €/a, o 0,50 €/m².a.

CONCLUSIONES

El análisis aislado de detalles constructivos es un indicador del nivel de eficiencia energética de una construcción. Los tres detalles estudiados del sistema constructivo Larixhaus indican un alto nivel de eficiencia energética. Esto impacta sobre el confort térmico de los usuarios, mejorando las condiciones de higiene y salubridad del ambiente interior.

Cabe destacar que la integración total de las estrategias de diseño es más importante que los elementos individuales (Feist et al., 2012, pág. 13) y determina el consumo energético real del edificio en función de la actuación de los usuarios y las condiciones meteorológicas. Los resultados de la monitorización de la Larixhaus indicarán si el edificio cumple con los consumos previstos, permitiendo un diagnóstico empírico de los puntos fuertes del sistema y las áreas que requieren mejora.

Es importante subrayar que el uso de materiales naturales y renovables en la construcción de alta eficiencia energética no es por defecto sinónimo con la salubridad, la higiene y el confort térmico. Su tratamiento requiere un diseño cuidadoso para no repetir los mismos problemas de habitabilidad presente en los edificios construidos con un uso indiscriminado de materiales tóxicos. Por último, el sistema Larixhaus es replicable y escalable en edificios de tipología diversa y con mayor número de plantas.

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos a los propietarios de la Larixhaus por su visión y apuesta por los edificios de energía casi nula con 6 años de antelación a la fecha límite impuesto por la Unión Europea, reconociendo el esfuerzo del equipo de trabajo en la realización del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Feist W., Peper S., Görg M., 2001, *Final Technical Report July 2001*, CEPHEUS-Project information No. 36, Darmstadt, Alemania.
- Feist W., Pfluger R., Schnieders J., Kaufmann B., Kah O., Krick B., Ebel W., Bastian Z., 2012, *Passive House Planning Package Version 7 (2012), Requirements for a quality-approved Passive House*, Passivhaus Institut, Darmstadt, Alemania.
- Parlamento Europeo, 2010, DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición), Bruselas, Bélgica.
- Plataforma de Edificación Passivhaus, 2014, Ejemplos PH, Página web, fecha de consulta 10/03/2014, enlace: <http://www.plataforma-pep.org/por-listado>
- Taylor I., 2013, *How near is nearly zero?*, CIBSE Journal, May 2013, Londres, Reino Unido.

CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DE FACHADAS ACTIVAS EN CONDICIONES AMBIENTALES REALES POR MEDIO DE CÉLULAS DE ENSAYO PASLINK

Carlos García-Gáfaró, Personal investigador, Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco, UPV/EHU

Imanol Ruíz de Vergara Ruíz de Azúa, Personal investigador, UPV/EHU

Iván Flores Abascal, Profesor, UPV/EHU

Cesar Escudero Revilla, Personal investigador, UPV/EHU

Juan Maria Hidalgo Betanzos, Personal investigador, UPV/EHU

Eider Iribar Solaberrieta, Personal investigador, UPV/EHU

Resumen: Para alcanzar el objetivo de construir edificios de consumo casi nulo es necesario desarrollar envolventes no sólo aisladas térmicamente, de forma que se reduzcan las pérdidas de calor del ambiente interior, sino que también es necesario que esas envolventes participen en el propio sistema de climatización. En el presente trabajo se estudian algunas soluciones de fachadas activas como sistemas con gran potencialidad para la captación de la energía solar que incide sobre la envolvente de los edificios, como la fachada ventilada, muros trombe, ventanas activas, muros de agua, PCMs, etc.. El correcto diseño de dichos sistemas requiere ajustar distintos parámetros activos que intervienen en su comportamiento energético. Sin embargo, son pocos los datos disponibles sobre el comportamiento real de estos diseños. Para cuantificar los resultados, se analizan mediante unas herramientas de medida de soluciones activas, denominadas celdas PASLINK, que permiten estudiar este tipo de fachadas y se muestran algunos ejemplos de ensayos realizados.

Palabras Claves: Caracterización Térmica Dinámica, Caracterización Térmica en Exteriores, Eficiencia Energética en Edificios, Elementos Activos en la Edificación

INTRODUCCIÓN

Las políticas para la reducción del consumo energético en la edificación implican la consideración de la climatología local, las condiciones del ambiente interior y la relación costo-eficiencia (Directiva 2010/31/EU). Para la adecuación de las fachadas a las condiciones locales es preciso conocer el comportamiento higro-térmico real en condiciones exteriores y caracterizar los parámetros termo-físicos implicados.

Los sistemas activos innovadores pueden presentar diferencias sensibles entre el comportamiento teórico calculado según los procedimientos habituales y el real. A menudo es debido a las simplificaciones de cálculo, un problema que puede ser corregido por medio de ensayos en condiciones reales. Es aquí donde la metodología PASLINK (Wouters and Vandaele 1994) ha mostrado ser una herramienta muy poderosa en este tipo de caracterizaciones, una técnica que a su vez constituye una evolución basada en la larga experiencia obtenida durante el proyecto inicial PASSYS en el que un grupo de trabajo europeo exploró el diseño y desarrollo de un dispositivo para la estandarización de ensayos de caracterización térmica de elementos de la edificación en exteriores.

LA METODOLOGÍA DE ENSAYO PASLINK

Desde mediados de los años 80 hasta mediados de los años 90 se ejecutó el proyecto europeo PASSYS (Passive Solar Systems and Component Testing) implicando hasta 11 países con el objetivo de realizar

ensayos de caracterización en exteriores que incorporaran un completo conjunto de procedimientos relativos a la tecnología aplicada, operativa de mediciones y técnicas de tratamiento de datos, que aseguraran la calidad de los estudios realizados. El concepto base era una célula de ensayos PASSYS, una estructura muy aislada de 8 x 2,7 x 2,7 m con dos espacios. La “habitación de ensayos” orientada al sur de 5,0 x 2,7 x 2,7 m y la “habitación de servicio” en el lado norte y dedicado a los equipos de adquisición de datos y de acondicionamiento del aire de la habitación de ensayos.

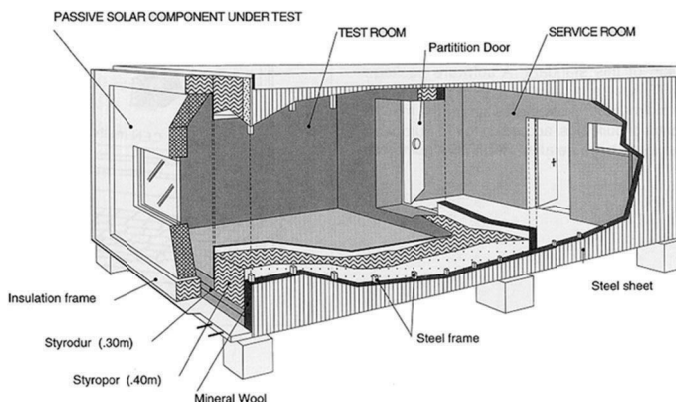


Figura 1. Estructura general de la célula de ensayos PASSYS (Vandaele and Wouters 1994, p.18).

Mejora de la célula PASSYS y la red Paslink

El calor a través de la envolvente de la habitación de ensayos no era controlable ni medible con facilidad. La siguiente fase, fue la red con carácter de grupo de interés económico europeo PASLINK EEEIG que buscaba reducir el tiempo de ensayos y mejorar la calidad de los resultados. Aunque se mantuvo la misma configuración de célula, se propusieron dos alternativas de mejora para mantener el calor a través de la envolvente bajo control. Una alternativa se denominaba “Pseudo-Adiabatic Shell (PAS)” que buscaba compensar las pérdidas de calor con una capa interior calefactada, mientras que la otra se denominaba “Heat Flux Sensitive Tiles (HFS Tiles)” que consistía en recubrir toda la envolvente en sus caras interiores con dispositivos medidores de flujo de calor de gran sensibilidad. Actualmente toda la experiencia de la red Paslink ha sido integrada en el grupo informal europeo DYNASTEE (“DYNamic Analysis, Simulation and Testing applied to the Energy and Environmental performance of buildings”), cuyo objetivo es la integración de sectores multidisciplinarios que permitan un acercamiento cohesivo entre los trabajos dedicados a la predicción del comportamiento termofísico de los edificios y las Directivas de Optimización Energética (J. J. Bloem 2010).

Eguzki e ilargi, las células Paslink del LCCE

En nuestro entorno se han habilitado dos células Paslink, concretamente en las instalaciones del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco (LCCE) en Vitoria-Gasteiz, denominadas célula EGUZKI y célula ILARGI. La célula Eguzki puede ensayar elementos de fachada verticales de 2,7 x 2,7 m, mientras que la célula Ilargi puede ensayar tanto elementos verticales de 2,7 x 2,7 m, como elementos de cubierta plana horizontal de 3,7 x 2,1 m. Estas células provienen de un antiguo centro europeo de ensayos PASSYS, y han sido completamente renovadas controlando la solución de puentes térmicos, el aseguramiento de estanqueidad, la actualización en instrumentación y la adaptación a la metodología PASLINK mediante la técnica de los medidores de flujo de calor interior “HFS Tiles”. Han cumplido con los procedimientos de calibración establecidos por la red Paslink, y en ellas se ha ejecutado un ensayo de intercomparación denominado IQ-Test, con resultados contrastables respecto a otros centros europeos.



Figura 2. Zona de ensayos PASLINK en el LCCE. Izquierda: Techo de calibración para célula ILARGI, centro: Célula ILARGI ensayando una cubierta ajardinada, y derecha: célula EGUZKI ensayando una muestra de rehabilitación.

Procedimiento de un ensayo Paslink

La estrategia de ensayo se basa en una rutina de aporte de calor de calefacción al interior de la habitación de ensayo siguiendo un perfil aleatorio, conocida como ROLBS (van Dijk and Téllez 1995). Antes de ello se deja un breve periodo de estabilización de un par de días en el que solo funciona un pequeño ventilador que mueve el aire interior de la célula. Los intervalos de aportación de calor para la rutina ROLBS pueden durar días, horas o intervalos de media hora. Esta variabilidad busca desacoplar la respuesta térmica de la muestra en ensayo de la respuesta propia de resto de la célula. El aporte de calor debe ser tal que se mantengan diferencias entre el interior de la célula de ensayos y el ambiente exterior del orden de $\Delta T \geq 20^\circ\text{C}$. Los patrones ROLBS también consiguen prevenir la superposición entre factores que actúan como inputs en la fase de creación del modelo de la muestra. Un claro ejemplo de esto es la correlación entre el salto térmico entre temperaturas ambiente interior-exterior y la radiación solar. Si estos dos componentes quedan conectados, sería difícil en el modelo determinar si la componente dominante de la transferencia de calor es resultado de un proceso de conducción-convección o una ganancia solar.

Una adecuada estrategia de control de la habitación de ensayos mejora la capacidad de validar el ensayo y el modelo resultante por medio del estudio de identificación de parámetros, junto con un riguroso seguimiento de las incertidumbres asociadas a la medición, tanto sistemático como aleatorio. Por tanto, las bases de un procedimiento de ensayo y su posterior modelamiento y validación de resultados pasan por un periodo previo de estabilización de la célula entera, un salto térmico representativo interior-exterior y obtener el máximo desacoplamiento entre las principales variables en estudio.

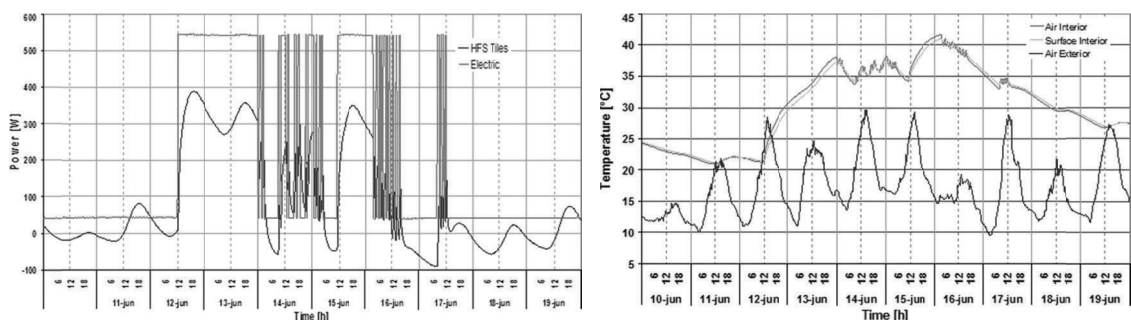


Figura 3. Rutina de aporte de calor de calefacción durante 10 días según un patrón ROLBS (superior) y variación de temperaturas en el mismo periodo.

Método de identificación de parámetros

La última parte del proceso de caracterización térmica mediante una célula Paslink es la determinación de los principales parámetros y propiedades térmicas de la muestra en estudio. En general, los valores de interés para componentes opacos son la resistencia térmica R (m^2K/W), y la capacidad térmica C (J/Km^2), y en el caso de componentes semitransparentes, además la ganancia solar g . Las herramientas que se usan en esta etapa son el software LORD –Logical R-Determination– (Gutschker 2004), y el software CTSM –Continuous Time Stochastic Modelling– (Madsen 2008). Ambos están basados en modelos de caja gris donde los parámetros de interés son determinados a través de ecuaciones diferenciales ordinarias de los fenómenos de transmisión de calor aplicados a modelos de parámetros concentrados.

Ejemplo de la metodología Paslink aplicada a un muro base.

Para mostrar con detalle los pasos del procedimiento descrito en una aplicación práctica, se toma el caso de un estudio llevado a cabo con un muro base antes de su rehabilitación térmica. Está formado por dos hojas de fábrica de ladrillo, la interior de ladrillo hueco sencillo y la exterior de ladrillo perforado, con cámara de aire de 5 cm de espesor, enlucido de yeso en la cara interior y revoco de mortero de cemento en la cara exterior. En la figura se aprecia el proceso de construcción de la muestra y su aspecto montada en la cara sur de la célula de ensayos Paslink (Célula Eguzki del LCCE). A partir de los datos registrados se realiza un modelo teórico, teniendo en cuenta el periodo de estabilización y la rutina de aporte de calor ROLBS. La validación del modelo se lleva a cabo por medio del estudio de covarianza tanto para los parámetros evaluados como sus residuales, obteniéndose el valor final de los parámetros del muro base. Para este ejemplo se ha obtenido un valor total de resistencia térmica entre las caras interior y exterior del muro base de $R_t = 0,513 \pm 0,03$ (m^2K/W) y una capacidad térmica por unidad de superficie de $C_t = 0,1586 \pm 0,01$ (MJ/Km^2). En la figura se muestran los patrones de residuales para los vectores de los diferentes parámetros, en la que es claramente visible a existencia de un mínimo absoluto.

La existencia de este valor mínimo y la capacidad de detectarlos denota la contundencia y precisión del proceso entero de medida, en otras palabras: la calidad de ensayo y la calidad del modelo.

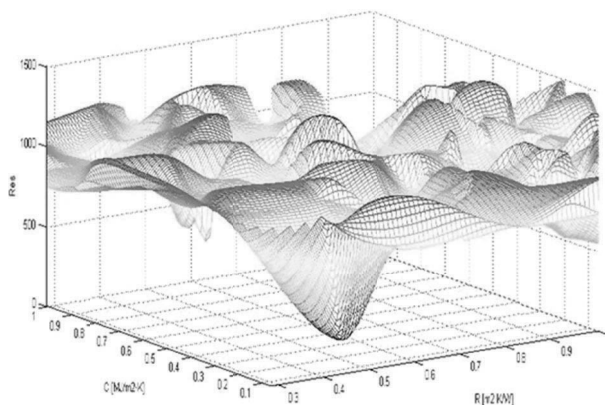


Figura 4. Patrones residuales para el modelo obtenido en función de las variaciones de parámetros del muro base ensayado.

FACHADAS ACTIVAS CARACTERIZADAS

Muro Trombe

El objetivo era analizar las diferentes formas de captación solar y almacenamiento térmico en su importante masa de muro. El vidrio exterior del prototipo ensayado tenía propiedades bajo emisivas y las rejillas permitían diferentes configuraciones para la cortina de aire. En la figura se muestran el prototipo y los resultados, la gráfica superior corresponde a la radiación incidente (rojo) y la ganancia de calor en la cámara de aire (azul), comprobándose que esta ganancia no es nula incluso cuando la radiación no alcanza el muro. La gráfica inferior corresponde a velocidades del aire a diferentes alturas en la cámara de aire.

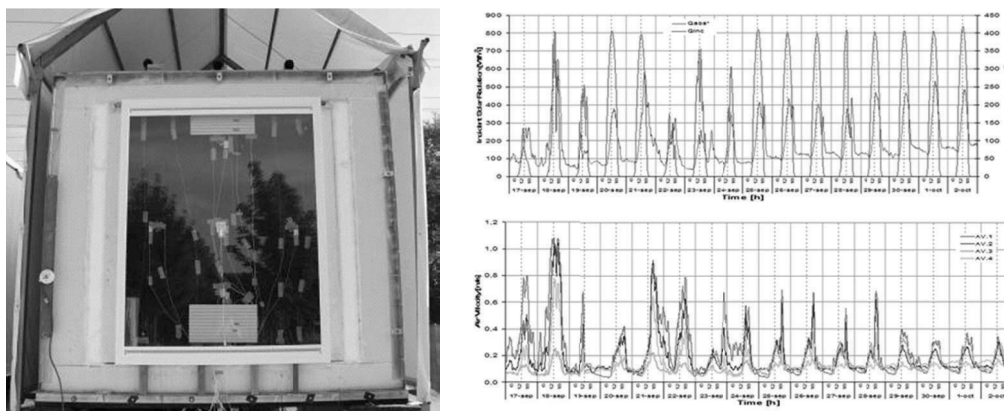


Figura 5. Estudio de un muro Trombe.

Fachada ventilada opaca

En la Figura 9 se muestra este ensayo en el que se buscaba determinar la capacidad de aporte energético de la fachada en apoyo al sistema de climatización, a partir del calentamiento del flujo de aire que atravesaba su cámara interior, gracias a la absorción de radiación solar. En invierno el aire que pasa a través de la fachada es ingresado al edificio mientras que en verano es evacuado al exterior. Para este estudio, la célula estuvo provista de un sistema de impulsión que capturaba el aire de la cámara ventilada a través de unas tolvas superiores. De esta forma se consiguió un adecuado control y estabilización del flujo que permitiera mediciones más precisas. Las gráficas muestran las variaciones del flujo de aire en la cámara ventilada (en azul) con la correspondiente radiación solar incidente (en naranja).

Fachada ventilada con PCM

En la Figura 10 se muestra una fachada ventilada con la particularidad de que usa materiales con cambio de fase (PCM) en su hoja exterior, incrementando su capacidad de captación solar y empleando tanto el calor residual como el desfase en la onda térmica tanto para calefacción en invierno como para reducción de ganancia solar en verano. El efecto del viento en la entrada inferior de la fachada es eliminado mediante un buffer protector. Las gráficas de temperatura en la hoja exterior muestran claramente el intervalo de cambio de fase del material de relleno y las variaciones del flujo de aire asociado en el interior de la cámara.

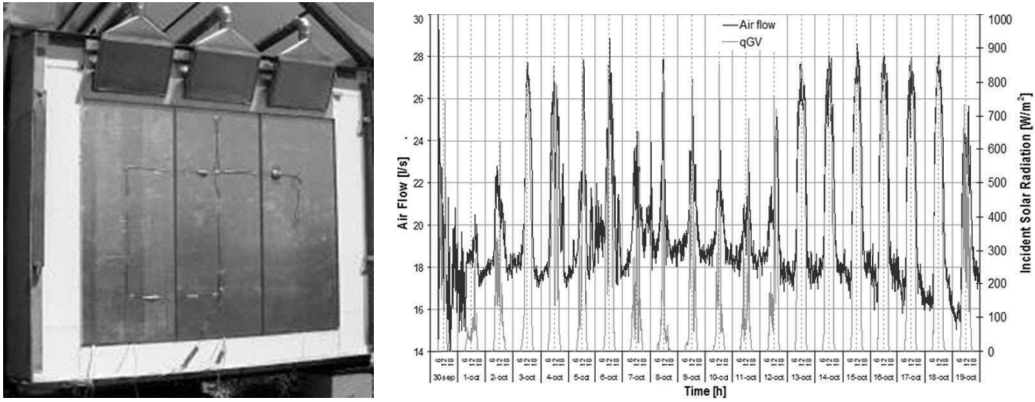


Figura 6. Estudio de una fachada ventilada opaca con un sistema de impulsión, la cual puede reducir el consumo energético del edificio aportando aire de renovación atemperado.

Fachada ventilada pesada

Se trataba de un prototipo para construcción industrializada. El objetivo era evaluar el efecto de la alta inercia térmica de la hoja exterior en la carga energética de la fachada. Asimismo se valoraba el efecto del viento en el interior de la cámara. Los datos registrados se han usado para validar un modelo de dinámica de fluidos computacional CFD, empleado posteriormente para un estudio de sensibilidad variando los anchos de cámara y dimensiones de abertura de paso. La gráfica muestra la variación del flujo de aire en la cámara ventilada (en azul) y la diferencia entre la temperatura de entrada y salida (en naranja).

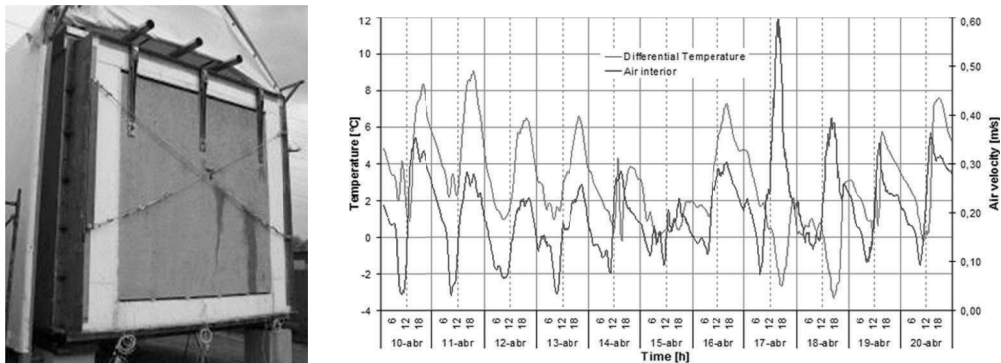


Figura 7. Estudio de una fachada ventilada pesada para un sistema de construcción industrializado.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los ejemplos expuestos demuestran la capacidad de la metodología Paslink en la caracterización térmica fiable y detallada de sistemas de fachada o cubierta activas, tanto a nivel descriptivo del comportamiento registrado en diversas variables, como a nivel cuantitativo a partir del modelamiento validado a partir de los datos, empleando la técnica de parámetros concentrados. Todo esto con calidad y precisión debido a los requerimientos en equipos y procedimientos establecidos desde la extensa experiencia de los proyectos europeos que dieron origen a esta metodología. La caracterización térmica en condiciones dinámicas exteriores es un recurso necesario a tener en

cuenta en la valoración de los elementos activos y más aún si son innovadores, los cuales se espera formarán parte habitual de los edificios de bajo consumo proyectados en los próximos años.

RECONOCIMIENTOS

Este estudio se enmarca dentro del convenio de colaboración entre el Gobierno Vasco y la Universidad del País Vasco, que desarrolla el Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. Official Journal of the European Union L 153, 18.6.2010, p. 13–35.
- Erkoreka, A., Escudero, C., Flores, I., Garcia, C., Sala, J.M. (2010). Upgrading and calibration of two PASLINK test cells. Evaluation through the “IQ-TEST” round-robin test. In: DYNASTEE workshop on Dynamic Methods for Building Energy Assessment Proceedings. Brussels: DYNASTEE.
- Gutschker O. (2004) LORD – Modelling and identification software for thermal systems, user manual. Germany: BTU Cottbus.
- J.J. Bloem, P. H. Baker, P. Strachan, H. Madsen, L. Vandaele. (2010) DYNASTEE – Dynamic Testing, Analysis and Modelling. In: Papaglastra and Wouters. Ed. 2010. Stimulating increased energy efficiency and better building ventilation. Leading actions coordinated by INIVE eeig and sources of other relevant information on EU level and IEA ECBCS projects. Brussels: INIVE EEIG. pp. 473-496.
- Madsen, H. (2008) Time series analysis. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC
- Vandaele L. and Wouters P. 1994. The PASSYS Services, Summary Report. BBRI and EC DG XII. Brussels, EUR 15113 EN.
- Wouters P. and Vandaele L. 1994. PASSYS, COMPASS, PASLINK: a European approach for the full-scale evaluation of thermal and solar performances of building components. Proc. Of the European Conf. on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings, Lyon, pp. 29-36.

CALIDAD DEL AIRE INTERIOR Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS ENERGÍA CASI NULA (EJEMPLO DE REHABILITACIÓN EN EDIFICIO TERCIARIO)

Santiago Pascual, Siber Zone, S.L.

Bárbara Mogas, Siber Zone, S.L.

Resumen: La ventilación higiénica es uno de los pilares básicos en los edificios de energía casi nula, debido a su alto grado de aislamiento, estanqueidad y al propio comportamiento térmico del edificio. Se trata de un Sistema de Ventilación de Confort con el que se ha garantizado aspectos tan importantes como aire limpio (evacuación de contaminantes tipo VOC, CO₂, etc. sin olores en el edificio, mantener una renovación de aire en ausencia de los usuarios, tener un ambiente filtrado sin polen, polvo elementos en suspensión (evitar alergias). Todo ello con eficiencia gracias la recuperador de calor de hasta el 90% de calor sensible del aire de extracción e integrando estrategias de climatización pasiva como son el “by-pass”, también conocido como “free-cooling”.

Palabras Claves: Ahorro Energético, Calidad Aire Interior, Climatización Pasiva, Eficiencia Energética, Recuperación de Calor, Rehabilitación Eficiente, Rendimiento, Salubridad, Ventilación de Confort, Ventilación Higiénica

INTRODUCCIÓN

Siendo el sistema de ventilación para garantizar la calidad del aire interior y confort uno de los pilares del correcto funcionamiento de los edificios de energía casi nula, desde Siber se desarrolló el proyecto no sólo pensando en su uso como oficinas sino también pensando en poder utilizar el propio edificio y sus instalaciones para poder investigar la repercusión de ciertas mejoras en la calidad del aire interior y su impacto en el confort y la eficiencia energética del edificio. Con este espíritu nació el Centro de Ensayos y Formación en sistemas de ventilación inteligente.



Figura 1. Edificio antes y después de la rehabilitación.

El proyecto parte de la Rehabilitación integral de una antigua fábrica textil ubicada a en Las Franquesas del Vallès a 30 kilómetros de Barcelona. Aunque la adecuación se realizó de todo el edificio, la comunicación se centra en la parte correspondiente a oficinas, donde aplicando criterios rehabilitación energética y partiendo como criterio básico de la mejora energética de la envolvente, se hace necesario posteriormente el diseño, dimensionando e implantación de un sistema de ventilación para garantizar la calidad del aire interior y confort de los usuarios de las oficinas.

El Centro de Ensayos y Formación en ventilación inteligente Siber (CEF) se ha convertido en un referente a nivel nacional, siendo visitado desde su inauguración por cientos de profesionales del sector de la edificación sostenible desde proyectistas (Arquitectos/Ingenieros) pasando por constructores y distribuidores hasta instaladores. En el CEF se pueden ver en funcionamiento y comprobar su efecto a través de la monitorización de las novedosas técnicas y tecnologías de ventilación que Siber Zone, S.L., proporciona al mercado nacional e internacional, incluso con algún elemento con patente propia.

OBJETIVO

El objetivo de la siguiente comunicación es mostrar un caso práctico de una rehabilitación integral de un edificio de oficinas, destacando el efecto positivo del sistema de ventilación, tanto desde el punto de vista de calidad del aire interior para las personas como la eficiencia energética, gracias a la monitorización del mismo.

DESCRIPCIÓN SISTEMA VENTILACIÓN

El Sistema de Ventilación de confort está compuesto por un recuperador de calor constituido por unos motores EC de bajo consumo con un SFP de 0,45 W/m³/h. El recuperador es de alta eficiencia con un rendimiento de hasta el 90% del calor sensible del aire de expulsión, gracias a su diseño contracorriente. El by-pass para refrescamiento nocturno es del 100 %, incluye filtros para el filtrado del aire de impulsión tipo F8, y G4 para el aire de expulsión. El recuperador cuenta con un aislamiento de 25 mm de lana mineral (R= 0,73 m²K/W). La Central VMC DF Siber incorpora un control por autómatas pre-programado permitiendo gestionar múltiples modo de funcionamiento incluso el pilotaje a distancia por GTC de protocolos tipo KNX.

La red interior de ventilación se ha ejecutado con distintos materiales para garantizar el correcto funcionamiento aerólico y acústico del sistema. Parte se ha ejecutado con conducto de chapa helicoidal Safe-click de la marca Siber con accesorios con doble junta de EDPM flejada permitiendo una estanqueidad tipo D según EN 12237, la más alta del mercado. También se ha combinado con material termoplástico de bajo perfil Stanco-fix de 55x220 para poder acceder a espacios de altura limitada con la sección adecuada.

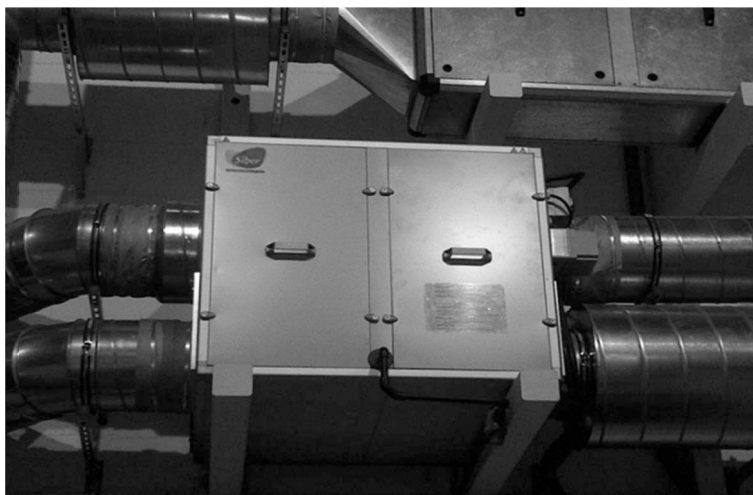


Figura 2. Central VMC DF con recuperación calor.

La ventilación de confort Siber instalada consta además de un conjunto compuertas y detectores que permiten la regulación de caudal por demanda de cada zona en función del uso, que combinado con el control inteligente de la Central VMC DF Siber, el sistema trabaja autoajustando se en cada momento obteniendo así el menor consumo global.



Figura 3. Red de ventilación en oficinas.

Las estrategias de ventilación aplicadas para implantar en el edificio un adecuado sistema de ventilación de confort para garantizar la salubridad con eficiencia energética han sido:

- Central VMC DF con recuperador de calor de alta eficiencia y bajo consumo.
- Red estanca de ventilación.
- Sistema de caudal variable por demanda.



Figura 4. Sistema de control por multi zona.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El sistema de ventilación higiénico, es único y centralizado para todas las oficinas. se ha dimensionado siguiendo los criterios especificados en la Normativa vigente RITE 2007, en concreto su instrucción técnica IT 1 .1.4.2 Exigencia de calidad del aire interior, aplicando algunas mejoras como la recuperación

de calor de alta eficiencia energética (hasta el 90%) e implantando un sistema de control por caudal variable, donde gracias al distinto tipo de sondas instaladas se ha permitido un ajuste del caudal en cada momento en función de la ocupación de cada sala.

Para el diseño del sistema de ventilación se ha contado con el equipo de proyectos de Siber, donde gracias a su experiencia se ha diseñado una red perfectamente equilibrada, garantizando un barrido de todas las zonas sin corrientes molestas y con confort acústico. El tratamiento de zonas se ha realizado por salas excepto la recepción y pasillo en la planta baja, donde se ha generado impulsión desde la misma zona y extracción por barrido desde los baños.

ACTUACIÓN SOBRE EL EDIFICIO

En los edificios de energía casi nula, una de las partes más importantes es el edificio en sí, en concreto la envolvente del mismo. Siendo concedores de esta premisa no hubiese servido de nada invertir en el mejor sistema de ventilación de confort, si no se hubiesen planificado por parte de la Dirección Facultativa unas acciones para adecuar correctamente la envolvente.

Aún y no ser motivo de comunicación es importante destacar que se ha actuado mejorando la envolvente con los siguientes criterios:

- Aumento aislamiento térmico de la fachada
- Aumento aislamiento térmico de la cubierta
- Realización de capa estanca al aire del edificio
- Ventanas de altas prestaciones

MONITORIZACIÓN CALIDAD AIRE INTERIOR Y CONFORT

Con el objetivo de poder valorar las distintas actuaciones y variaciones tanto en el control como en los propios elementos que conforman el sistema de ventilación, se ha procedido a monitorizar el edificio de oficinas, obteniendo de forma continua valores tanto higrotérmicos como son la temperatura y humedad como la concentración de CO₂. Estos valores son registrados por unas sondas colocadas en el edificio y cuyas lecturas son enviadas a un receptor donde se almacenan, permitiéndose su visualización a través de un software especial que nos permite la interpretación de los resultados.

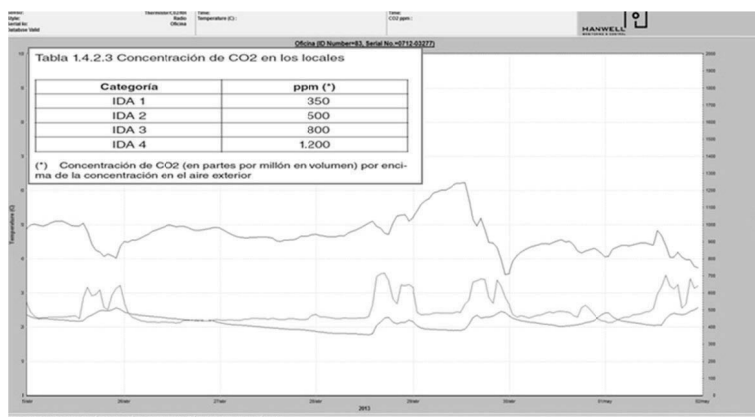


Figura 5. Monitorización Calidad Aire interior.

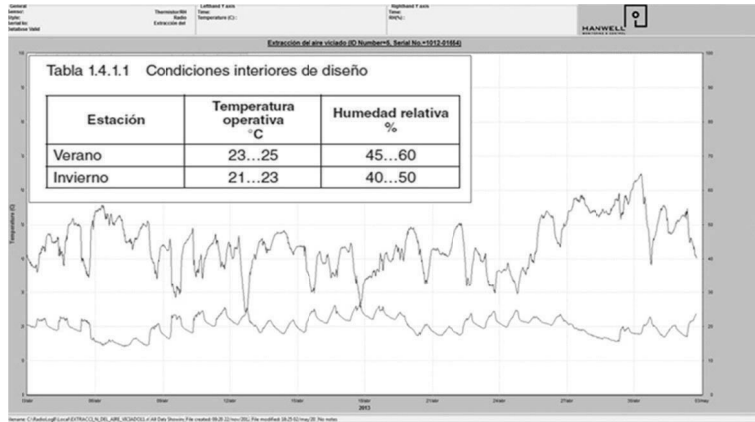


Figura 6. Monitorización condiciones higrotérmicas.

Complementariamente a la mejora por control de las condiciones higrotérmicas así como de la concentración de CO2 en el interior del edificio, otra ventaja del Sistema Ventilación con recuperación de calor Siber instalado es la eliminación de gran parte de las partículas en suspensión presentes en el aire externo, gracias al filtrado del aire nuevo de admisión e introducido en las distintas estancias a través de la red de impulsión (Filtro utilizado F7).

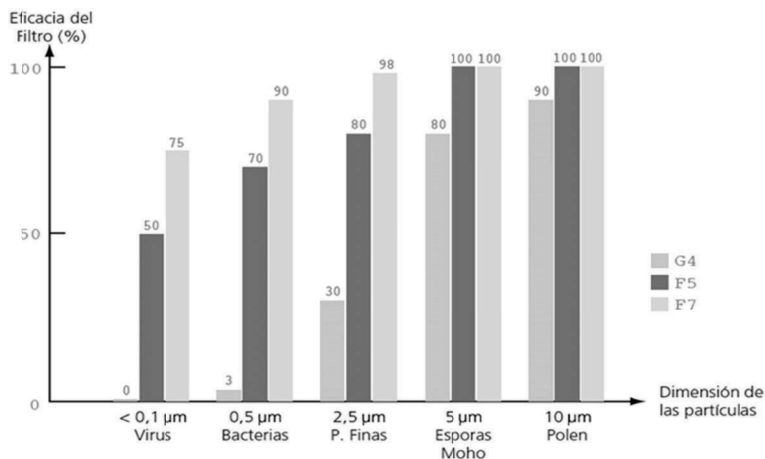


Figura 7. Clasificación de los filtros.

EFICIENCIA ENERGÉTICA

En cualquier edificio el sistema de ventilación nos ha de permitir garantizar la salubridad en el mismo, pero en los edificios de consumo casi nulo toma especial relevancia que además de la recuperación de energía del aire de extracción del edificio para minimizar las pérdidas por la ventilación higiénica, se compatibilicen con técnicas de climatización pasiva.

En este caso el refrescamiento nocturno (by-pass) incluido en la central VMC DF, permite en los periodos necesarios generar una disminución de carga del edificio, ya que al tratarse de oficinas estas se han cargado térmicamente por el uso de las mismas durante el día y de forma automática pero de manera controlada el sistema de ventilación inyecta aire más fresco del exterior del edificio y evacua el

aire interior cargado térmicamente sin cruzarse en el recuperador, generando de esta manera una climatización pasiva por refrescamiento natural nocturno.

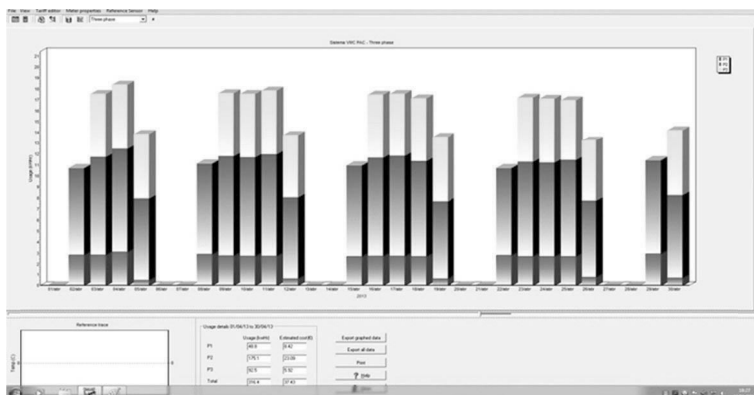


Figura 8. Monitorización consumo energético.

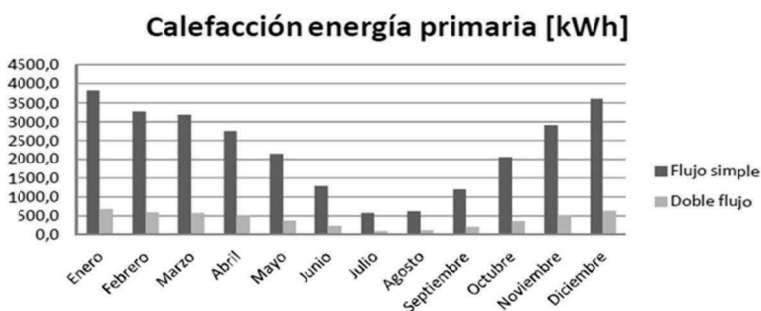


Figura 9. Cálculo ahorro Demanda en periodo calefacción.

CONCLUSIONES

Analizando los datos obtenidos de monitorización podemos decir que a través de la rehabilitación integral del edificio, actuando sobre la envolvente del edificio como parte pasiva y actuando sobre las instalaciones en este caso el del sistema de ventilación con recuperación de calor de alto rendimiento y control de caudal bajo demanda como una de las partes activas, hemos conseguido un edificio de muy altas prestaciones desde el punto de vista de demanda energética y gran calidad del aire interior gracias a la ventilación higiénica.

En los Edificios de consumo casi cero el control de la ventilación es un reto para el proyectista para que además de conseguir edificios de muy baja demanda energética, consiga también a través de la ventilación higiénica las condiciones de salubridad y confort necesarias para el desarrollo de las actividades allí previstas.

MYECOHOUSE: INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA MAXIMIZAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Joachim Janssen, IAPsolutions

Resumen: myECOhouse pretende demostrar cómo, con la adecuada monitorización y control de cada una de las tecnologías utilizadas, y, sobre todo, con un control inteligente de las mismas, se consigue exprimir al máximo la contribución de cada una de ellas, y, lo que es más importante, orquestarlas en una actuación colaborativa, que consigue realmente maximizar el grado de eficiencia energética de un edificio.

Palabras Claves: Control Inteligente, Eficiencia Energética, Monitorización, Sistemas de Gestión

INTRODUCCIÓN

Parece claro que para mejorar la eficiencia energética en los edificios no basta una sola actuación en una sola variable, sino que se requieren varias acciones, en las que mediante la utilización de distintas tecnologías, se mejoren distintas variables, consiguiendo que el conjunto global de todas las actuaciones incremente la eficiencia.

Con myECOhouse se pretende demostrar cómo, con la adecuada monitorización y control de cada una de las tecnologías utilizadas, y, sobre todo, con un control inteligente de las mismas, se consigue exprimir al máximo la contribución de cada una de ellas, y, lo que es más importante, orquestarlas en una actuación colaborativa, que consigue realmente maximizar el grado de eficiencia energética de un edificio.

Para lograr una monitorización y control inteligentes, se ha utilizado la tecnología de IAPsolutions, compañía con más de 15 años de experiencia en la aplicación de inteligencia artificial para la gestión inteligente de infraestructuras multifabricante y multitecnología.

OBJETIVO

El objetivo es demostrar cómo tecnologías avanzadas TIC consiguen maximizar la eficiencia energética de un edificio, controlando de forma inteligente los distintos elementos utilizados para mejorar dicha eficiencia.

Para ello, se han elegido dos edificios, en concreto, dos viviendas unifamiliares, ubicados en puntos geográficos muy distantes, Madrid y Arnhem (Holanda), de forma que se puedan analizar los resultados en entornos climatológicos dispares.

DESARROLLO DEL PROYECTO

En ambos edificios, se han implantado los siguientes elementos de producción de energía:

- Paneles fotovoltaicos en tejado.
- Paneles térmicos.
- Bomba de calor (en Madrid).
- Bomba de calor geotérmica (Arnhem).
- Seguidores solares.

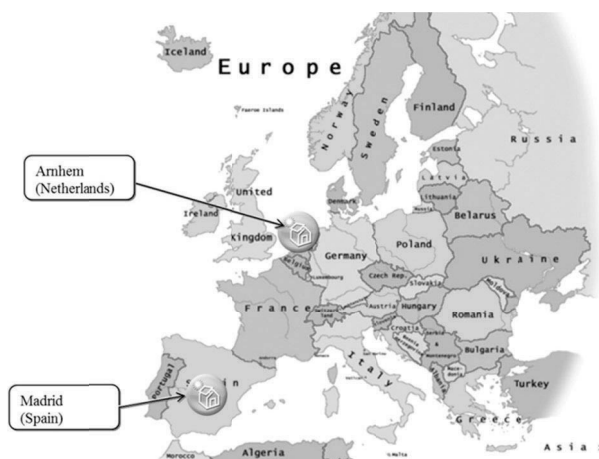


Figura 1. Mapa con las ubicaciones del proyecto.

Para la monitorización y control continuos de estos elementos, se ha utilizado el producto de inteligencia distribuida IAPFieldAgents de IAPsolutions, software basado en la tecnología de inteligencia artificial de la compañía y adaptado para entornos fuertemente distribuidos. Dicho software se ejecuta embebido en dispositivos hardware miniPC (uno en cada vivienda) sobre plataforma abierta Linux.

Además de estar sobre los elementos de producción de energía renovable mencionados, los IAPFieldAgents se conectan a una serie de elementos adicionales:

- Estación meteorológica, para recoger medidas de temperatura, húmedas, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento.
- Elementos de control de la iluminación.
- Cámaras de seguridad.
- Centralita de alarmas.
- Sistema de riego automático.
- Bomba de agua (para piscina).

A continuación se muestran todos los elementos con los que se conectan los IAPFieldAgents, así como los protocolos de comunicación utilizados.

Con todo ello, se pretende tener un control integral de la instalación, actuando sobre tres ámbitos:

- Producción y consumo de electricidad.
- Climatización.
- Domótica.

La información recogida por los IAPFieldAgents es remitida en tiempo real a un servidor en la nube, sobre el que se ha construido un portal (www.myeohouse.net) para dar visibilidad de los resultados del proyecto. A continuación se muestra un esquema lógico de esta arquitectura:

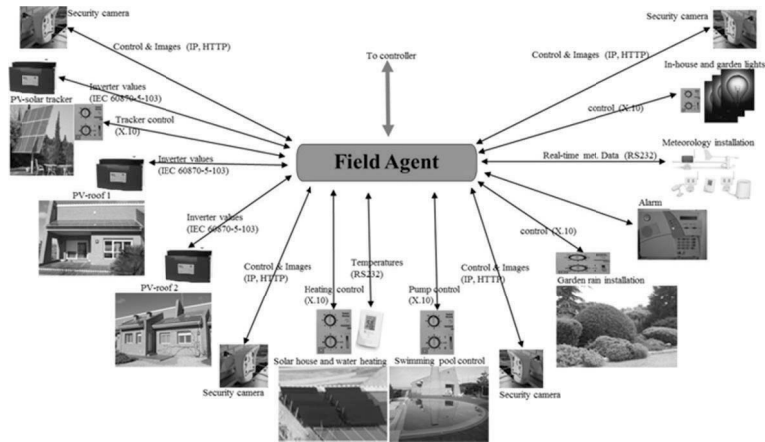


Figura 2. Field Agent.

Adicionalmente, se han desarrollado una serie de Apps para dispositivos móviles, que permiten ver en tiempo real parte de la información generada por el sistema.

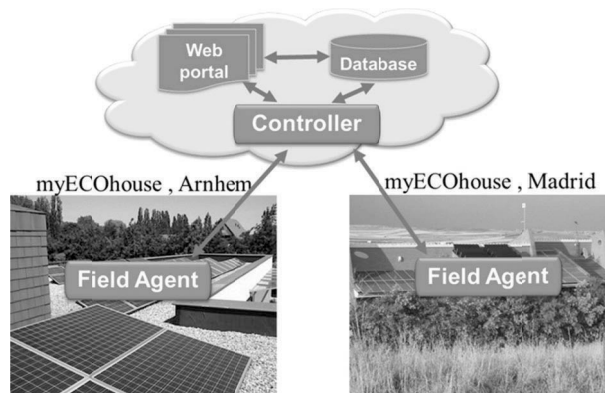


Figura 3. Servidor en la nube.

RESULTADOS

El seguimiento en tiempo real del funcionamiento de toda la infraestructura ha permitido, en múltiples casos, detectar de forma instantánea fallos o caídas de los distintos componentes, lo cual ha permitido además ir incorporando al sistema inteligente reglas de comportamiento para la generación de alertas automáticas, que se reciben por SMS o email. Dichas alertas se generan en múltiples casos por correlación de eventos, contribuyendo por tanto al diagnóstico rápido y en consecuencia a una minimización de la indisponibilidad.

Las gráficas que se generan en el portal web permiten igualmente analizar comportamientos acumulados (diarios, semanales, anuales, etc.) y comparar con periodos equivalentes de años pasados, ayudando de esta manera a analizar cualquier comportamiento anómalo o pérdida de rendimiento en la producción.



Figura 4. Aplicaciones para dispositivos móviles.

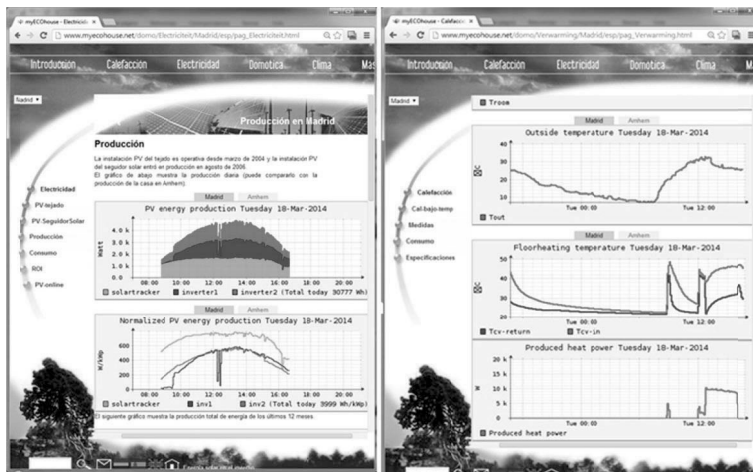


Figura 5. Gráficas de comportamiento.

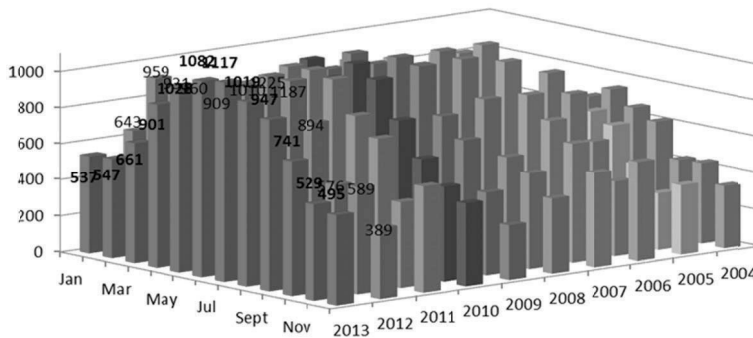


Figura 6. Gráfica comparativa de comportamiento.

El sistema calcula incluso el retorno de la inversión realizada en los sistemas de producción, contribuyendo a la máxima implicación del usuario desde la plena visibilidad sobre el rendimiento monetario de la instalación.

Pero, sin duda, lo más interesante es la demostración del potencial que tienen las tecnologías inteligentes para automatizar comportamientos complejos, que implican la correlación de eventos de distintas fuentes y, por supuesto, la capacidad de acción sobre los elementos gestionados, enviando a

cada uno de ellos los comandos oportunos. Así, se enumeran a continuación algunos escenarios de automatización implementados:

Climatización

- Dependiendo del diferencial de temperatura exterior en interior, calcula la cantidad de energía necesaria para calentar la vivienda, y activa-desactiva el sistema de paneles térmicos en los instantes adecuados en función de la radiación solar.

Seguidor solar

- Activación del seguidor solar solo a partir del momento en que se detecta radiación directa.
- Telecomando y monitorización del seguidor para situarlo en posición horizontal, si la fuerza del viento supera un umbral por un tiempo continuado.

Instalación de riego

- Activación de la instalación en función de la temperatura exterior, la humedad, y el viento.

Control de producción de instalación fotovoltaica

- Generación de alertas por pérdidas anormales de rendimiento (por comparación con históricos), por ejemplo, para detectar fenómeno de “paneles sucios”.
- Cámaras de seguridad.
- Desencadenamiento de acciones cuando las cámaras detectan movimiento.
- Chequeo de iluminación.
- Desactivación de iluminación en determinados puntos en horarios prefijados.

Con todas estas acciones, se ha ido mejorando el grado de eficiencia energética, hasta el punto de conseguir producir más energía de la que se consume en la vivienda, tal y como ilustra el siguiente gráfico, visible en la web:

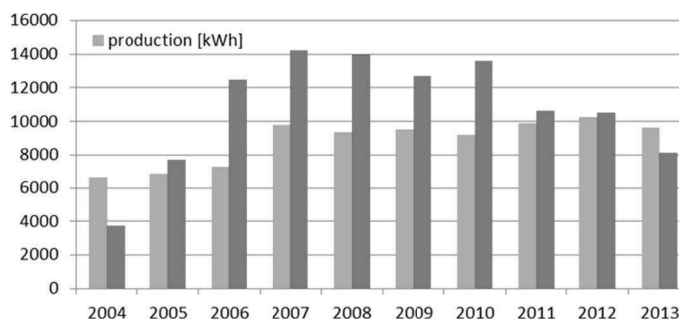


Figura 7: Gráfica de Eficiencia Energética.

CONCLUSIONES

Tras analizar los resultados, se puede concluir que la aplicación de tecnologías TIC inteligentes, capaces de aportar una monitorización precisa y en detalle y una rápida reacción automática a escenarios tanto simples como complejos, es capaz de ir optimizando paulatinamente las aportaciones integradas de todas las infraestructuras, hasta el punto de conseguir que una vivienda equilibre totalmente su balance energético.

APORTACIÓN DE LA DOMÓTICA E INMÓTICA EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS Y EDIFICIOS

Oscar Querol León, Director, CEDOM

Resumen: Los sistemas de control y automatización en viviendas y edificios contribuyen a la eficiencia energética y por ello deben ser considerados en la certificación energética de edificios tanto de nueva construcción como ya construidos. Con los programas de cálculo actuales para la certificación energética de edificios no se puede contabilizar la aportación de la Domótica. Por ello, CEDOM ha elaborado un método de cálculo basado en la norma española UNE-EN 15232 "Eficiencia energética de los edificios. Métodos de cálculo de las mejoras de la eficiencia energética mediante la aplicación de sistemas integrados de gestión técnica de edificios". El documento explica y describe detalladamente los pasos a aplicar, además de incluir tres ejemplos reales de aplicación en edificios. El documento ha sido presentado al Ministerio de Industria, Energía y Turismo como propuesta de Documento Reconocido del Código Técnico de la Edificación.

Palabras Claves: Certificación Energética, Domótica, Eficiencia Energética, Inmótica

INTRODUCCIÓN

En el Código Técnico de la Edificación (CTE), que es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad, se establecen requisitos sobre eficiencia energética en los documentos básicos DB HE (Ahorro energético), DB SI (seguridad en caso de incendio), DB SUA (seguridad de utilización y accesibilidad) y DB HS (Salubridad). Por otra parte, en el Real Decreto 235/2013 se recogen los requisitos relativos a la certificación energética de edificios existentes y de nueva construcción. Para obtener la calificación energética de un edificio o vivienda se puede hacer uso de documentos reconocidos, que son documentos técnicos sin carácter reglamentario que cuentan con el reconocimiento conjunto del Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR) y del Ministerio de Fomento. Los documentos reconocidos existentes no tienen en cuenta la contribución de la domótica en la obtención de la calificación energética del edificio.

METODOLOGÍA PROPUESTA

A continuación se detallan las etapas de las que consta la metodología con la que se puede determinar la aportación de la domótica y la inmótica a la calificación energética de un edificio o vivienda utilizando la aplicación informática CALENER y la Norma UNE-EN 15232.

En paralelo se explica un ejemplo de aplicación a un edificio de viviendas en el que se ha realizado una rehabilitación de sus 16 viviendas y 2 locales comerciales. Se ha instalado un sistema de control domótico tanto en las viviendas como en las zonas e instalaciones comunes, con el fin de mejorar la eficiencia energética de las instalaciones comunitarias, la eficiencia energética de las instalaciones particulares y el confort de las viviendas.

Evaluación de la calificación energética del edificio o vivienda mediante las aplicaciones reconocidas por el MINETUR y sin tener en cuenta ningún sistema de control y automatización

Para esta etapa, es necesario disponer de los datos técnicos del edificio, como por ejemplo orientación del edificio, año de construcción, distribución.

Por aplicación del programa CALENER se obtiene la calificación energética del edificio considerando que no se ha instalado ni domótica ni inmótica.

La aplicación de este programa proporciona las emisiones de CO2 debidas al consumo energético. Al referirlas a un edificio de referencia según la misma aplicación, se obtiene la calificación energética del edificio, a la cual se le otorga una letra (“A” para los edificios más energéticamente más eficientes hasta la “G” para los edificios energéticamente menos eficientes).

Sistema de energía del edificio	Calificación energética del edificio sin sistema de control y automatización según la aplicación CALENER	
	Emisiones del edificio objeto (Kg CO ₂ /m ²)	Emisiones del edificio de referencia (Kg CO ₂ /m ²)
	(1)	(2)
Calefacción	U	U'
Refrigeración	V	V'
ACS	W	W'
TOTAL	T = U + V + W	T' = U' + V' + W'

Figura 1. Calificación energética del edificio según programa CALENER.

La calificación energética del edificio según la aplicación CALENER se obtiene dividiendo T por T'. Según los resultados del programa CALENER la calificación energética del edificio que sirve de ejemplo de aplicación de la metodología sería C con un índice de 6,8, resultado de sumar los índices correspondientes a calefacción (1,7), refrigeración (4,2) y ACS (0,9) tal como se muestra en la siguiente Figura.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto			Edificio Referencia		
	Clase	kWh/m ²	kWh/año	Clase	kWh/m ²	kWh/año
<3.4 A						
3.4-6.5 B						
6.5-11.0 C			6,8 C			
11.0-17.1 D						
>17.7 E						21,4 E
F						
G						
Demanda calefacción	D	27,1	45922,0	E	44,3	75068,1
Demanda refrigeración	D	13,3	22537,4	D	13,8	23384,6
	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Emisiones CO2 calefacción	A	1,7	2880,7	E	14,2	24062,4
Emisiones CO2 refrigeración	D	4,2	7117,1	E	5,3	8981,1
Emisiones CO2 ACS	A	0,9	1525,1	D	1,9	3219,6
Emisiones CO2 totales			11522,9			36263,1

Figura 2. Calificación energética del edificio según la aplicación CALENER.

Determinación de la clase del sistema de control y automatización mediante la Norma UNE-EN 15232

En esta etapa es necesario conocer las características y funcionalidades del sistema de control y automatización. La clase del sistema de control y automatización se obtiene rellenando la tabla 1 “Lista de funciones y asignación a las clases de eficiencia de la BAC (siglas en inglés de “Automatización y Control del Edificio”)” de la Norma UNE-EN 15232 (a modo de ejemplo se muestra en la tabla 3 la tabla correspondiente al control de la iluminación rellena para el edificio del ejemplo que ilustra esta metodología).

En la tabla 1 de dicha norma se listan para cada aplicación (control de ocupación, control de iluminación natural, control de persianas, etc.) cuales son las posibles opciones de control, y en qué grado pueden estar implementadas en el edificio. Para cada una de las opciones se debe rellenar uno de los cuadros sombreados de la tabla 1 de la Norma UNE-EN 15232, debiéndose marcar el que otorgue mayor clase a

esa característica (la mayor clase es la “A” y la menor es la “D”). Debe aclararse que para cada sección de la tabla el resultado será una única letra. Si en el sistema de control y automatización de la vivienda o el edificio no se ha implementado alguna de las funcionalidades de la tabla 1 se puede indicar que “NO APLICA”, siempre y cuando se justifique el por qué no se ha considerado.

La clase energética del sistema de control y automatización será la menor de todas las clases obtenidas por cada una de las funcionalidades evaluadas. Se obtiene tras haber rellenado todos los cuadros sombreados relativos a las funcionalidades que sean de aplicación, y se indica con una letra de la “A” (Elevada eficiencia energética) a la “D” (no eficiente energéticamente). Estas letras de la clase energética del sistema de control no se deben confundir con las de la calificación energética del edificio o vivienda.



Figura 3. Clase energética del sistema de control y automatización.

En el ejemplo que ilustra el procedimiento, el sistema de automatización y control aplicado tiene las siguientes funcionalidades:

En las zonas comunes, el edificio dispone de:

- Iluminación: La iluminación estará controlada por el sistema domótico del edificio mediante unos sensores de presencia con sensores de iluminación. Así se realizará un control de iluminación estableciendo un umbral mínimo de la misma que encienda las luces al detectar presencia siempre y cuando se supere dicho umbral. Se establecerá un nivel de alumbrado adecuado para el tránsito de personas, permitiendo mejorar el ahorro energético y la calidad visual y la seguridad en las zonas comunes.
- Mantenimiento de las Instalaciones: Los dispositivos tanto de climatización como de iluminación están comunicados. De esta manera, permiten que, en caso de que se desee, se pueda realizar el mantenimiento de las instalaciones de manera preventiva o reactiva ya que se indican las averías que puedan ocasionarse en las mismas, agilizando el proceso de detección y reparación de las mismas.
- Monitorización de las instalaciones: Cabe la posibilidad de instalar un sistema de gestión del edificio o un panel para poder monitorizar el estado de la instalación.

En las viviendas tipo se ha instalado control y automatización para:

- Iluminación: Los puntos de luz principales de la vivienda, estarán conectados a unos conectores ON/OFF. Gracias a la flexibilidad del sistema y en caso de que se desee, se podrán sustituir por puntos de luz regulables.
- Climatización: Se ha diseñado el sistema disponiendo de dos zonas de climatización, una zona de “día” (zonas comunes y públicas de la vivienda), y otra zona de “noche” (zonas privadas). Habrá dos termostatos, que me controlarán, el suelo radiante y el FanCoil.
- Persianas /cortinas: Conectadas al sistema domótico, con el fin de poderlas integrar a los escenarios deseados, aportando beneficios en luz, clima, seguridad, confort y ahorro energético.

- Escenas y Monitorización: Para la monitorización, temporización y escenas, se utilizará una pantalla táctil, con web-server, que permitirá el acceso y control remoto a la vivienda.

Aparte, se dispondrá de una escena de buenas noches, que realizará el apagado de los puntos de luz de la zona diurna de la vivienda, el cierre de persianas de la zona diurna de la vivienda y el cambio de modos de los termostatos a modo noche para incrementar el confort y ahorro energético. También estará implementada la escena de salida del hogar, en la que se cierran todas las luces y persianas de la casa.

- Posibilidades de ampliación del sistema de control y automatización: La vivienda, gracias al sistema domótico escogido y a la forma de plantear la instalación, está preparada para que pueda adoptar e integrar las nuevas tecnologías que vayan surgiendo.

Al cumplimentar la tabla de funciones del sistema de automatización y control del edificio según la Norma UNE-EN 15232, el resultado es una clase B de eficiencia del control (NOTA: como ejemplo se muestra la tabla correspondiente al control de la iluminación):

		Definición de las clases			
		Residencial			
		D	C	B	A
CONTROL DE LA ILUMINACIÓN					
Control de ocupación					
0	Interruptor manual para encender/apagar				
1	Interruptor manual para encender/apagar + señal adicional de apagado generalizado				
2	Control automático de encendido/atenuado				
3	Control automático de encendido/apagado				
4	Control manual de encendido/atenuado automático				
5	Control manual de encendido/apagado automático				X
Control de la iluminación natural					
0	Manual				X
1	Automático				
CONTROL DE PERSIANAS					
0	Mando manual				
1	Mando motorizado con control manual				
2	Mando motorizado con regulación automática				
3	Control combinado iluminación/persianas/CVC (también mencionado anteriormente)				X
SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE VIVIENDAS					
SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE EDIFICIOS					
0	No hay un sistema de automatización de viviendas - No hay un sistema de automatización y control de edificios				
1	Adaptación centralizada del sistema de automatización y control de viviendas y edificios a las necesidades del usuario, por ejemplo pro-gramas horarios, puntos de consigna,...				
2	Optimización centralizada del sistema de automatización y control de viviendas y edificios, por ejemplo ajuste de reguladores, puntos de consigna, ...				X
GESTIÓN TÉCNICA DE DE VIVIENDAS Y EDIFICIOS					
Detección de fallos de los sistemas de viviendas y edificios y prestación del soporte necesario para el diagnóstico de estos fallos					
0	No				
1	Si				X
Presentación de la información sobre el consumo de energía, condiciones interiores y posibilidades de mejora					
0	No				X
1	Si				

Figura 4. Tabla correspondiente a la evaluación de las funciones de la BAC relacionadas con el control de la iluminación.

Definición, según la Norma UNE-EN 15232, de los factores de corrección en función de la clase del sistema de control

A partir de la clase energética del sistema de control, por aplicación de las tablas 8 a 11 de la Norma UNE-EN 15232 se obtienen los factores de eficiencia energética térmica (fBAC, HC) y eléctrica (fBAC, el)

de la BAC. Estos factores miden el impacto de las funciones de la BAC en el consumo anual energético del edificio e indican el consumo energético del edificio objeto respecto a un edificio de referencia.

El factor de eficiencia energética térmica (fBAC, HC) evalúa el consumo de energía debido a la calefacción y la refrigeración y el factor de eficiencia energética eléctrica (fBAC, el) mide el consumo de energía debido a la iluminación.

Si fBAC, HC y fBAC, el son menores de la unidad, significa que el edificio objeto consume menos energía que el edificio de referencia.

En la Norma UNE-EN 15232 se toma como referencia un edificio con un sistema de control y automatización de clase “C”, es decir, un sistema de control estándar..

En el edificio del ejemplo, al tratarse de un edificio de viviendas se deben aplicar las tablas 9 y 11 de la Norma UNE-EN 15232, referentes a edificios residenciales. El factor de eficiencia para la energía térmica de una clase B, con un sistema de control y gestión avanzado es de 0,88. Esto significa que consume un 88% menos de energía térmica que el edificio de referencia considerado con un sistema de gestión y control estándar.

Obtención de la calificación energética corregida según la Norma UNE-EN 15232 según el sistema de control y automatización

La calificación energética del edificio obtenida mediante el programa CALENER se basa en que el edificio de referencia no dispone de ningún sistema de automatización y control.

Para poder comparar esta calificación con la obtenida empleando la Norma UNE-EN 15232, ambos sistemas deben tener la misma referencia por lo que se debe realizar un cambio de referencia en la Norma UNE-EN 15232. Por lo tanto, todos los datos del edificio se deben referenciar a un edificio en el que el sistema de control y automatización instalado no contribuye al ahorro energético. Por lo tanto, deben tomarse los factores de eficiencia energética fBAC, HC y fBAC, el correspondiente a la clase energética “D”.

A modo de ejemplo, en la tabla 4 se indica cómo se realiza este cambio de referencia aplicado al edificio de ejemplo que se está utilizando para ilustrar la metodología de uso.

Para el cálculo del factor de corrección que permite obtener la calificación energética por aplicación de la Norma UNE-EN 15232, es decir, teniendo en cuenta la domótica y la inmótica, se divide el factor de eficiencia del edificio objeto (el cual tiene en cuenta el sistema de control y automatización) por el factor de eficiencia del edificio de referencia (edificio con un sistema de control y automatización de clase D).

Las emisiones del edificio con sistema de control y automatización son las obtenidas por aplicación del programa CALENER multiplicadas por el factor de corrección.

A partir de la calificación energética obtenida en el paso 1 se obtiene una nueva calificación gracias a la aportación de la domótica y la inmótica.

Los resultados del edificio que se está estudiando son los siguientes:

	Resultados programa calificación energética sin sistemas de control ni automatización (CALENER-VYP)		Factores UNE-EN 15232				Cálculos	
	(1) Emisiones edificio objeto kg CO ₂ /m ²	(2) Emisiones edificio referencia kg CO ₂ /m ²	(3) Factor eficiencia edificio no eficiente, clase “D”		(4) Factor eficiencia edificio objeto, clase “B”		(5) Corrección (4)/(3)	(6) Emisiones edificio objeto corregidas (1)*(5) kg CO ₂ /m ²
Calefacción	1,7	14,2	f _{BAC,HC}	1,1	f _{BAC,HC}	0,88	0,80	1,4
Refrigeración	4,2	5,3	f _{BAC,HC}	1,1	f _{BAC,HC}	0,88	0,80	3,4
ACS	0,9	1,9	f _{BAC,el}	1,08	f _{BAC,el}	0,93	0,86	0,8
Totales	6,8	21,4	-	-	-	-	-	5,5

Figura 5. Calificación energética del edificio corregida teniendo en cuenta el grado de control y automatización.

El programa CALENER-VYP no da resultados de emisiones por iluminación.

Los resultados que se obtienen finalmente son los siguientes:

Resultados finales		
Emisiones Totales Edificio Objeto (kg CO ₂ /m ²)	(1)	6,8
Emisiones Totales Edificio Referencia (kg CO ₂ /m ²)	(2)	21,4
Emisiones Totales Edificio Objeto Corregidas (kg CO ₂ /m ²)	(6)	5,5
Calificación energética del edificio según programa de calificación sin sistemas de control ni automatización	-	C
Calificación energética del edificio tras aplicar norma UNE-EN 15232:2008	-	B

Figura 6. Mejora de la calificación energética del edificio aplicando domótica e inmótica.

El resultado es un índice de 5,5, que se encuentra entre el rango de 3,4 y 6,5, correspondientes a la letra B. Por lo tanto se obtiene un edificio de viviendas que, considerando la contribución a la eficiencia energética del sistema de control y gestión, será certificado como edificio de calificación energética "B" mejorando así su calificación a partir de una calificación inicial "C".

La calificación de este edificio según el procedimiento definido en este documento ha sido presentada al ICAEN, Institut Català d'Energia, quien ha certificado energéticamente el edificio considerando el grado de control y gestión energética instalado.

AGRADECIMIENTOS

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Institut Català d'Energia (ICAEN), AdRC Ingeniería, Schneider Electric, Somfy, La Salle – Universitat Ramon Llull, Gobierno de Navarra. Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente, Hotel Diagonal Zero y Propiedad del edificio de viviendas situado en Rambla Nova, nº 61 de Tarragona.

REFERENCIAS

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación

Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios

UNE-EN 15232:2008. *Eficiencia energética de los edificios. Métodos de cálculo de la mejora de la eficiencia energética mediante la aplicación de sistemas integrados de gestión técnica de edificios.*

MEDICIÓN CONTINUA DEL CONSUMO ENERGÉTICO. UN FACTOR CLAVE PARA EL AHORRO

Antonio Moreno, Director Técnico, Jung Electro Ibérica, S.A.

Resumen: Mediante la concienciación energética de sus ocupantes y la implantación de sistemas de automatización para el control de iluminación, climatización, persianas, etc., se puede reducir el consumo energético de un edificio. Pero existe un hecho que afecta de manera transversal a todas estas cuestiones que se han planteado, y que puede ser la piedra angular del ahorro energético, si se aborda correctamente: El primer paso para empezar a ahorrar energía es tener información sobre el consumo energético en el momento en que se está produciendo. Eso nos da la posibilidad de tomar medidas sobre la marcha para corregir los desajustes en el consumo, y evitar de esta forma que se genere una factura abultada.

Palabras Claves: Ahorro, Automatización, Consumo Energético, Control, Domótica, Eficiencia, KNX, Medición

EL FACTOR HUMANO EN EL AHORRO DE ENERGÍA

A los que estamos trabajando desde hace años en el sector de la automatización, nos viene con frecuencia la pregunta recurrente de ¿cuánto me puedo ahorrar instalando un sistema de éstos en mi edificio?

Se trata de una pregunta lógica y muy fácil de formular, pero cuya respuesta suele ser difícil. Y es que, supongamos la situación teórica en que tenemos dos edificios exactamente iguales A y B, construidos uno al lado del otro, y con el mismo uso. Ambos edificios cuentan con la misma cantidad de personal, que hacen las mismas tareas en los mismos horarios. Se puede afirmar sin miedo a equivocarse, que seguramente uno de los edificios tendrá un consumo de electricidad y de agua sensiblemente superior al otro. ¿Cuál es la causa? El factor humano.

Desde hace relativamente poco tiempo existe la figura del gestor energético de los edificios. Entre sus tareas, se supone que una de ellas es mirar de optimizar los consumos energéticos mediante la educación energética y la concienciación de los ocupantes del edificio. Eso no resulta fácil, porque entrará a lidiar con demasiados factores sociológicos y psicológicos, que incluso pueden afectar a la productividad de las personas.

El gestor energético deberá entonces contar con herramientas tecnológicas que le permitan llevar a cabo su labor de forma efectiva. Y la primera de ellas debería ser la medición y presentación de datos en tiempo real.

LA MEDICIÓN EN TIEMPO REAL COMO PRIMER PASO PARA AHORRAR

Una de las mejores herramientas que puede tener para educar energéticamente al personal es contar con un sistema de medición de consumo energético, que le permita leer consumos en tiempo real. Mucho mejor si además los consumos están parcializados, y se pueden separar por plantas, tipo de consumidor, etc. El hecho de tener los consumos separados por plantas, tipo de consumidor, etc., le permitirá al gestor analizar los hábitos de los usuarios, proponerles medidas y analizar los resultados al día siguiente. De esta forma es mucho más sencillo concienciar, y demostrar que un pequeño gesto puede proporcionar un gran ahorro.

Como primer paso para ahorrar energía, esta estrategia es bastante correcta: se obtienen resultados desde el primer momento, y no requiere ninguna inversión, a excepción de los equipos de medición.

Pero si nos quedamos aquí, seguramente estaremos perdiendo gran parte de la potencia de ahorro que tenemos, fundamentalmente por dos razones:

- Si la instalación eléctrica es convencional, los usuarios quedarán limitados a unas actuaciones en concreto.
- Cuando transcurra un tiempo, los usuarios puede que vayan relajando sus costumbres, y regresaremos paulatinamente a los consumos de antes de la actuación. Los beneficios probablemente no se van a mantener en el tiempo.

Si queremos una mayor garantía de éxito en el campo del ahorro de energía, esa labor de concienciación debería ir acompañada de una actuación sobre la automatización de las instalaciones. Vamos a centrarnos aquí en los principales consumidores de energía, que son la iluminación y la climatización.

EL SISTEMA KNX Y SU APORTACIÓN A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Un sistema como el KNX puede realizar al ahorro energético mediante la detección de presencia, el control horario o la regulación automática de la iluminación, no solamente será algo palpable en la factura energética del edificio o vivienda, sino que además, si se tiene en cuenta desde el momento en que se redacte el proyecto, nos ayudará a mejorar la calificación energética del edificio, con las ventajas adicionales que eso puede reportar a su propietario.

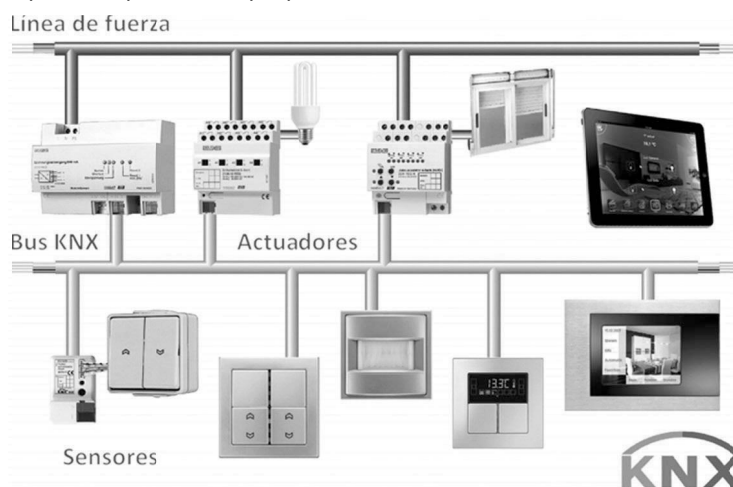


Figura 1. El sistema KNX.

El sistema estándar KNX es un protocolo compatible entre más de 100 fabricantes, que está respaldado por la normativa europea EN 50090 y las normas ISO. Está basado en una tecnología de bus descentralizado, y permite proporcionar una solución integral para el control en edificios y viviendas.

KNX está basado en una topología descentralizada, en la cual sensores y actuadores se comunican entre sí mediante un par trenzado de baja tensión de seguridad, 24 V. Este par proporciona la alimentación para la electrónica de los distintos componentes, y también transmite la información entre ellos. Cada componente del sistema va dotado de un acoplador de bus, BCU. Cuando se acciona cualquiera de los pulsadores se envía un telegrama al bus con una codificación determinada, que se compone básicamente de los datos a transmitir, y de la dirección del destinatario. Dicho telegrama será recibido por todos los actuadores del sistema, pero solamente el que tenga la dirección de destinatario será el que ejecute la orden que viene prescrita. No es necesario instalar ningún tipo de elemento central, porque la comunicación se lleva a cabo entre sensores y actuadores.

Cada fabricante certifica sus productos a través de la KNX Association, obteniendo así el sello KNX, que garantiza la perfecta compatibilidad de ese componente con todos los que haya en el mercado hasta la fecha. Esto significa:

- Simplificación del cableado de control.
- Independencia entre los distintos componentes de la instalación.
- Mayor grado de fiabilidad.
- Flexibilidad y facilidad de ampliación.
- Reducción de costes de instalación y mantenimiento.
- Toda la información disponible en cualquier punto del sistema.

Cuando se trata de abordar el ahorro energético en iluminación y climatización, un detector de presencia KNX con plena funcionalidad se convierte en una pieza clave. El detector de presencia de techo permite controlar iluminación. Es capaz de detectar la presencia de una persona dentro de un despacho, y mantener las luces encendidas y la climatización conectada en esa zona. Cuando la persona marcha, empieza a contar un primer tiempo de retardo, después del cual se apaga la luz.

Tras la marcha de la persona, se pone en marcha un segundo contador de tiempo, al final del cual se desconecta la climatización en ese despacho. Esta vez la temporización será mayor, de unos 10 minutos, puesto que la temperatura ambiente tiene una cierta inercia, y por tanto no es conveniente que la climatización se conecte y desconecte en cortos intervalos de tiempo.

Cuando la persona regresa al despacho, la temperatura de consigna de la climatización vuelve a su nivel de confort, y la luz se enciende, siempre y cuando la luminosidad ambiente que proporciona la luz natural esté por debajo de un determinado nivel. Además, cuando el edificio queda desocupado, se le puede enviar al detector un telegrama que lo ponga en modo alarma. Si la iluminación es regulable, el sensor de luminosidad que el detector lleva integrado es capaz de ajustar automáticamente el nivel de luz a un valor consignado, regulando la iluminación interior en función del aporte de luz natural exterior. En lo referente al control de climatización, el sistema KNX dispone de una amplia gama de controladores con posibilidad de establecer un control PI de la climatización, ajustando al máximo la temperatura real del ambiente al valor consignado.



Figura 2. Controlador climatización KNX.

Este controlador ofrece varios modos de funcionamiento (confort, standby, noche) activables a través del bus, a cada uno de los cuales corresponde una temperatura de consigna diferente. El ahorro energético en climatización se puede apoyar de forma muy eficiente en un adecuado control de los cerramientos. Se trata de que el sistema pueda manejar de forma automática las persianas y toldos para permitir que entre el calor del sol en invierno, e impedir su paso en verano. Además, habrá que tener en cuenta si existe o no presencia humana en una determinada estancia, para inhibir ese funcionamiento automático.

CONCLUSIONES. ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN Y AHORRO

Una vez analizadas las necesidades del edificio, se llegará al punto de que se requiere una inversión económica inicial para obtener posterior ahorro de energía. Si se desea abordar una intervención integral desde el principio, el montante de la inversión puede hacer que la propiedad aplase su decisión o simplemente rechace la propuesta. Así pues, la estrategia que se propone está basada en hacer una pequeña actuación al principio, obtener resultados, y basar las sucesivas actuaciones futuras en la reinversión de ahorros previamente obtenidos. De esta forma, el propietario no debe afrontar de inicio una inversión significativa, e irá invirtiendo a medida que vea los resultados, lo cual es siempre más gratificante y seguro para todos. Los pasos a seguir serían los que se muestran en el siguiente gráfico:

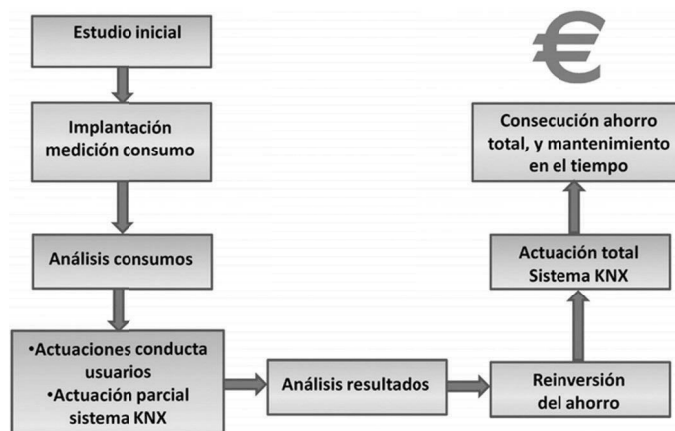


Figura 3. Estrategia de análisis de consumos e implantación del sistema.

Se empezaría por un estudio inicial del edificio en sí y del uso que se hace de sus instalaciones, para seguidamente instalar medidores de consumos, de forma parcializada, que nos permitan saber en qué y cómo estamos gastando la energía. Para eso es necesario contar con dos recursos: Por un lado, un hardware de medición. Es decir, contadores de electricidad, gas, etc. La tecnología KNX ya incorpora en su oferta medidores integrados de diferentes fabricantes que pueden realizar esta función.

Después necesitaremos algún tipo de herramienta informática donde se almacenen los datos recogidos durante un período de tiempo, y que permita al gestor energético realizar un análisis de forma sencilla. Este análisis pasará necesariamente por evaluar el consumo energético en función de los horarios, de la superficie iluminada o volumen calefactado, o incluso una comparación entre diferentes plantas de un mismo edificio, o incluso de este edificio respecto de otros.

Esta parte del análisis de datos puede resultar muy compleja, por la cantidad de información que se puede llegar a tener. Así que es de vital importancia contar con una herramienta adecuada para cada caso. Se puede hacer una gestión local con un software de visualización instalado en local, donde podamos ver gráficos de consumo, exportar tablas a Excel, etc. Esto suele ser suficiente para una primera etapa donde se requiera empezar a analizar consumos, y para casos donde estemos actuando sobre un edificio en concreto.



Figura 4. Software de visualización KNX.

Debemos recurrir a una solución basada en recogida de datos en local para después tratarlos en la “nube”. KNX dispone ya de conexión directa con algunas de estas plataformas, con lo que resulta sencilla la integración a nivel de hardware. A nivel de software no se necesita instalar nada en local, puesto que todo el tratamiento de datos se hace on-line. Este tipo de plataformas especializadas suelen ofrecer una potente herramienta de análisis de datos, con la que se puede evaluar, por ejemplo, el consumo en climatización teniendo en cuenta las temperaturas externas registradas por los servicios de meteorología, el ratio de consumos comparando diferentes establecimientos que sean similares en cuanto a su uso, pero teniendo en cuenta las dimensiones y actividad de cada uno, las tarifas eléctricas o de gas que se tengan contratadas, etc.



Figura 5. Plataforma de análisis de datos energéticos.

En cualquier caso, una vez tengamos implementado el sistema de medición y análisis de datos, el siguiente paso será, después de un tiempo, analizar los resultados, y proponer cambios en la conducta de los usuarios, y tal vez una mínima actuación a nivel de automatización. Después de esto, seguiremos midiendo, y al cabo de un tiempo veremos los ahorros obtenidos. Es el momento de proponer al cliente una actuación en el campo de la automatización, de forma que la pueda ir realizando progresivamente, según obtiene resultados. Se trata de una reinversión de los ahorros obtenidos. De esta forma, llegaremos a poder abordar una actuación integral sobre el edificio, y el ahorro energético se mantendrá en el tiempo, puesto que ya no dependerá tanto de la conducta de los ocupantes. El período de amortización se podrá calcular prácticamente desde el principio, lo que sin duda facilitará al cliente final la toma de decisiones.

SISTEMA DE COGENERACIÓN BASADO EN UN SISTEMA DE PILA DE COMBUSTIBLE DE CARBONATOS FUNDIDOS PARA ABASTECER LAS NECESIDADES DE EDIFICIOS Y DISTRITOS

Paula Sánchez Sobrini, Desarrollo de Negocio, Abengoa Hidrógeno
Verónica Mesa Vélez-Bracho, Responsable de Ingeniería, Abengoa Hidrógeno

Resumen: Las pilas de combustible son dispositivos electroquímicos capaces de generar energía eléctrica y térmica a partir de un combustible (Gas Natural, biogás, etc.) y un comburente (generalmente aire). Abengoa Hidrógeno trabaja en el desarrollo, construcción e integración de sistemas de cogeneración basados en pilas de combustible de carbonatos fundidos, que se alimentan de estos combustibles. En comparación con los sistemas de cogeneración tradicionales, presentan mayor eficiencia, robustez y fiabilidad suponiendo un ahorro en el consumo de combustible y una reducción de las emisiones contaminantes. Otras características de las pilas de combustible son sus bajas emisiones de ruido, su modularidad y su escalabilidad. Estos sistemas permiten la generación de electricidad y energía térmica para abastecer las necesidades de edificios y distritos.

Palabras Claves: Cogeneración, Eficiencia, Hidrógeno, Pila de Combustible de Carbonatos Fundidos, Reducción de Emisiones

SISTEMAS DE COGENERACIÓN

En los sistemas de cogeneración se producen conjuntamente dos formas de energía, como la electricidad (o energía mecánica) y calor (energía térmica útil) partiendo de un único combustible. El gas natural es la energía primaria más utilizada en las centrales de cogeneración, las cuales tradicionalmente funcionan con turbinas o motores de combustión. No obstante, también se pueden utilizar fuentes de energía renovables, biomasa, u otros residuos, como los derivados de la biomasa, que se incineran[1], así como otras tecnologías de cogeneración, como las pilas de combustible.

En todo proceso de generación de energía eléctrica se libera energía térmica que no puede transformarse en trabajo. Existen diferentes aplicaciones (industrias, edificios de oficinas o viviendas, instalaciones deportivas...) que requieren calor de manera que con la cogeneración se posibilita la utilización del calor que de otra forma se desearía. El objetivo de la cogeneración es por tanto, aprovechar dicha energía para aumentar el rendimiento del proceso y reducir pérdidas económicas.

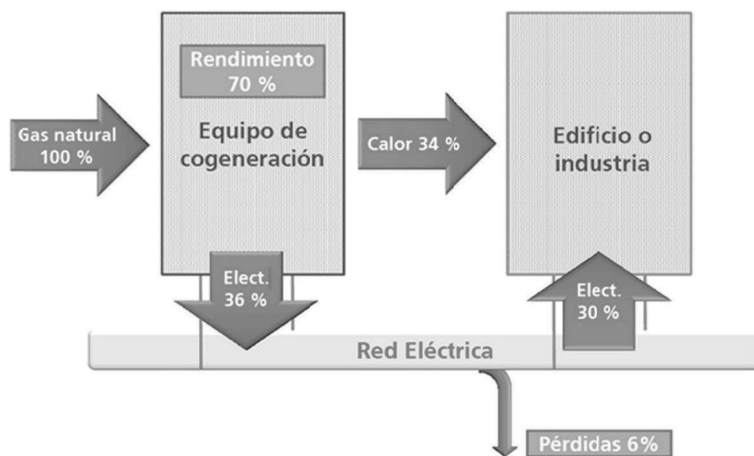


Figura 1. Esquema de una de las posibles configuraciones de una cogeneración.

En términos generales, el aprovechamiento simultáneo de la energía eléctrica y térmica incrementa el rendimiento del proceso global, lo que favorece la obtención de elevados índices de ahorro energético, así como una disminución importante de la factura energética sin alterar el proceso productivo. Se debe tener en cuenta, que el consumo total de combustible requerido en una instalación de cogeneración (que produzca por ejemplo, electricidad y energía térmica útil) es menor que el utilizado para generar dos formas de energía por separado.

El atractivo de la cogeneración se debe a las eficiencias en el uso de combustible, la reducción del impacto en las emisiones de efecto invernadero y la posibilidad de su operación de manera independiente de la red eléctrica. Las diferentes tecnologías de cogeneración han despertado interés en una amplia variedad de sectores, tales como edificios comerciales, zonas industriales, aplicaciones agrícolas y rurales, etc. Una planta de cogeneración de tamaño adecuado puede satisfacer las necesidades térmicas del usuario final y suministrar la electricidad necesaria para el proceso y vender a la red eléctrica el exceso, si bien, el marco regulatorio que aplique, será determinante a la hora de diseñar la estructura y operación de una planta de cogeneración.

SISTEMAS DE PILAS DE COMBUSTIBLE PARA COGENERACIÓN

El desarrollo de diferentes tecnologías para su uso en plantas de cogeneración ha avanzado por diversos caminos. Uno que en los últimos años ha destacado con importantes mejoras y resultados, ha sido el uso de pilas de combustible.

Una pila de combustible es un dispositivo electroquímico capaz de generar electricidad, y vapor de agua como único residuo, a partir de un combustible (generalmente una corriente rica en hidrógeno) y un comburente (generalmente oxígeno del aire). Existen diferentes tecnologías de pila de combustible, que pueden clasificarse atendiendo a distintos criterios. Un posible criterio es según su temperatura de operación, teniendo así pilas de combustible de baja y alta temperatura.

Por otra parte, unas tecnologías son más apropiadas que otras para determinadas aplicaciones. Para aplicaciones estacionarias (generación de electricidad o calor) tiene sentido hablar de tecnologías de membranas poliméricas si se trata de aplicaciones pequeñas y de carbonatos fundidos (MCFC por sus siglas en inglés) en caso de tratarse de grandes cogeneraciones.

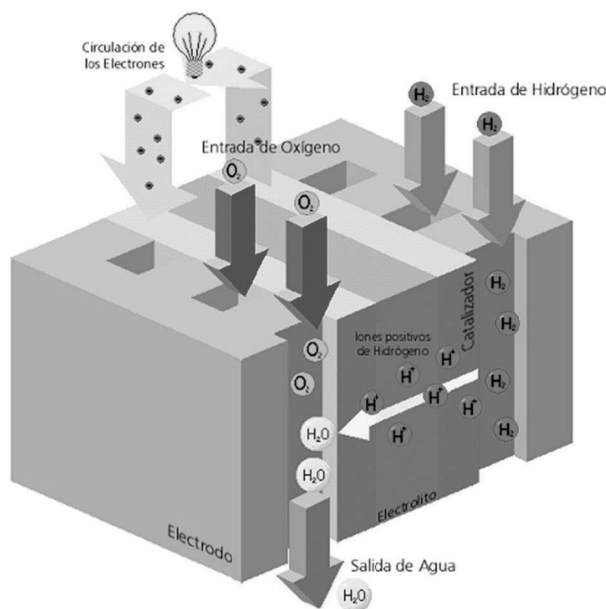


Figura 2. Esquema de funcionamiento de una pila de combustible.

Las pilas de combustible que aquí se van a presentar son las pilas MCFC, ideales para cogeneraciones de tamaño superiores a 300 kW. Las MCFC trabajan a alta temperatura (650 – 800 °C) y sus dos

características principales son, por un lado, que permiten aprovechar el calor que se genera en el proceso y que, por otro lado, la pureza del hidrógeno del que se alimentan no ha de ser tan alta como en otros tipo de pilas de combustible. La alta temperatura de operación genera una corriente de humos de escape calientes que se pueden utilizar en una variedad de aplicaciones de cogeneración.

Como parte de este mercado emergente, Abengoa Hidrógeno está desarrollando en sus instalaciones en Sevilla una planta cogeneración con MCFC que producirá 300 kWe. La planta consta de tres componentes principales:

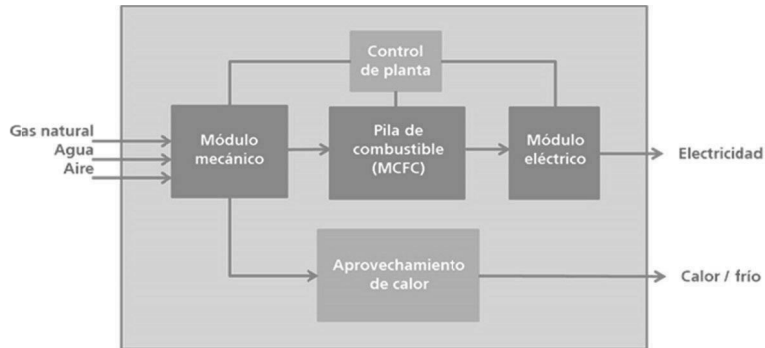


Figura 3. Esquema de los principales módulos de una planta de cogeneración con sistema de pila de combustible.

- **Módulo Mecánico:** es la parte del sistema que adecúa el combustible de entrada del sistema a las características requeridas por la pila de combustible a la entrada de ésta. Este módulo reforma el combustible de origen, además de realizar un tratamiento de refrigeración y humidificación de los gases, y una adecuación térmica de los mismos. Este sistema procesará el gas natural y debe ser lo suficientemente robusto para resistir los cambios en la composición del gas natural, especialmente de los compuestos de azufre que pueden diferir dependiendo de la fuente de gas. Además debe tener la posibilidad de ser adaptado para funcionar con biogás generado a partir de plantas agrícolas, industriales y de instalaciones de tratamiento de aguas residuales.
- **Módulo Eléctrico:** es la parte del sistema que adecúa la salida eléctrica de la pila de combustible (en corriente continua), a las características eléctricas requeridas a la salida del sistema.
- **Sistema de Control de Planta:** este sistema general de control es el responsable de integrar y gobernar los distintos módulos, así como de gestionar el aprovechamiento energético del sistema.

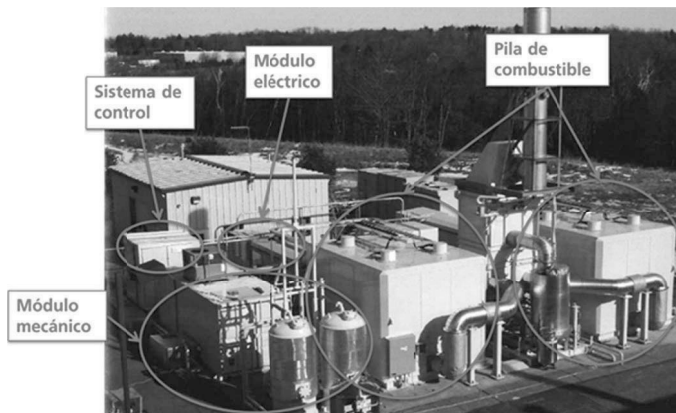


Figura 4. Ejemplo de planta de cogeneración con sistema de pila de combustible (FCE, 2,8 MW).

Otras características que hacen a estos sistemas atractivos son:

- La cogeneración con MCFC pueden ser utilizadas en muchas instalaciones; para suministros de sistemas aislados, de generación distribuida o centralizada en función de la energía eléctrica y térmica suministrada, permitiendo un uso industriales así como de servicio público o privado.
- Fiabilidad y largos períodos de vida útil.
- Generación distribuida: la energía puede ser producida en las inmediaciones del usuario final, aumentando así la eficiencia del sistema.
- Bajas emisiones de gases de efecto invernadero.
- Baja contaminación acústica.
- Diversidad en la localización: estos sistemas no presentan grandes necesidades de servidumbres por lo que pueden ser ubicados casi en cualquier localización.
- Bajo nivel de mantenimiento al no haber partes móviles en la pila de combustible.
- Funcionan en continuo sin intermitencias de encendido/apagado.

Las plantas de cogeneración de pilas de combustible son modulares. La potencia mínima que se puede instalar es de 300 kW y los otros dos tamaños de planta disponibles a día de hoy son de 1,2 MW y de 2,8 MW. Según aumenta la potencia de la planta, más bajos son los costes por megavatio instalado. Esto se debe, entre otros, a una mejor distribución del coste de los auxiliares por más potencia generada. En la Ilustración 4 puede apreciarse una disminución de casi el 50% en este coste, entre una planta de 300 kW y una de 2.800 kW.

A continuación, en la Figura 5 se muestran las características principales de los sistemas de pila de combustible en función de su potencia.

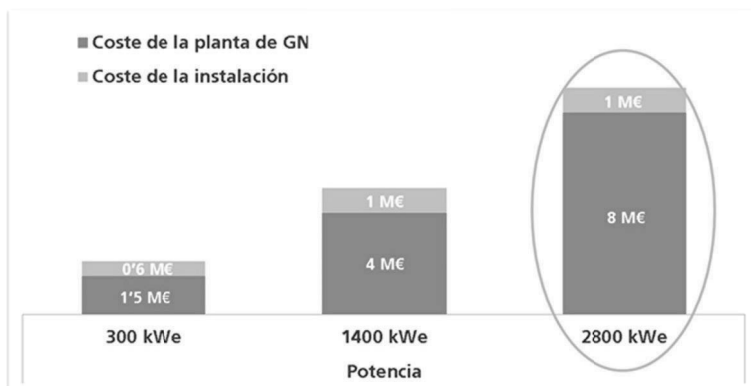


Figura 5. Costes de una planta de cogeneración con pila de combustible de carbonatos fundidos distribuido por potencia [2].

Tal y como se ve en la Figura 6, las emisiones de las plantas de cogeneración de MCFC liberan relativamente pocas emisiones nocivas para el medio ambiente. Estas emisiones son menores que las producidas por una planta de cogeneración de combustión. Con una pila de combustible, las emisiones de dióxido de carbono se pueden reducir hasta en un 49 %, óxido de nitrógeno en un 91 %, el monóxido de carbono en un 68 %, y los compuestos orgánicos volátiles en un 93 %.

Considerando una misma cantidad de energía generada de 38.700 MWh/año (Ilustración 7) los sistemas de cogeneración con MCFC presentan no solo ventajas respecto a las emisiones evitadas (más de 10 veces mayor en comparación con las otras dos tecnologías con las que se compara, cifra conservadora) sino que además presentan otras ventajas significativas.

Modelo	MCFC300	MCFC1500	MCFC3000
Parámetros eléctricos			
Potencia eléctrica	300 kW	1.400 kW	2.800 kW
Tensión nominal de salida	480 V	480 V	13.800 V
Frecuencia	50/60 Hz		
Eficiencia			
Eficiencia eléctrica (LHV)	47 +/- 2 %		
Tasa de liberación de calor	7.660 kJ/kWh _e		
Calor disponible			
Temperatura de escape	370 +/- 10 °C		
Flujo de escape	1.792 kg/h	8.301 kg/h	16.600 kg/h
Consumo de agua			
Medio	204 l/h	1.020 l/h	2.044 l/h
Máximo	2.271 l/h	3.407 l/h	6.814 l/h
Emisiones			
NOx	4,54 mg/kWh _e		
SOx	0,0454 mg/kWh _e		
PM10	0,00907 mg/kWh _e		
CO2	444,5 g/kWh _e		
Dimensiones			
Ancho	6,1 m	12,8 m	12,5 m
Largo	8,4 m	17,7 m	23,8 m
Alto	4,6 m	6,1 m	7,62 m
Nivel de ruido			
Standard	72 dB(A) a 3 m		
Opcional	65 dB(A) a 3 m		

Figura 6. Características principales de un sistema de poligeneración basado en MCFC [3].

Dado que las MCFC operan a alta temperatura y su carbonato se funde, no es recomendable ni eficiente operarlas de manera discontinua ni a cargas parciales. De este modo se operarán siempre a máxima capacidad, siempre que haya suministro de combustible (gas natural, biogás...). Por otra parte, la superficie necesaria para generar una misma cantidad de energía es significativamente menor en el caso de las MCFC del mismo modo que los megavatios necesarios de la instalación.

	MCFC	Fotovoltaica	Eólica
Potencia Instalada: (MW)	2'8	16	18
Factor de Capacidad: (Disponibilidad)	98%	27'5%	25%
Energía Generada: (MWh/año)	38.700	38.544	38.700
Superficie Ocupada: (ha/MW)	0'0179	5	25
Emisiones Evitadas: (ToneqCO ₂ /año/MW)	6.178	530	473

Figura 7. Comparativa de emisiones nocivas generadas por una planta de cogeneración de MCFC versus energía sola fotovoltaica y eólica.

Como ya se ha mencionado, en el proyecto concreto en el que Abengoa Hidrógeno está trabajando, se integrará en 2015 una planta de cogeneración con pila de carbonatos fundidos en las instalaciones de la empresa. El sistema funcionara con gas natural y tiene una potencia de 300 kW.

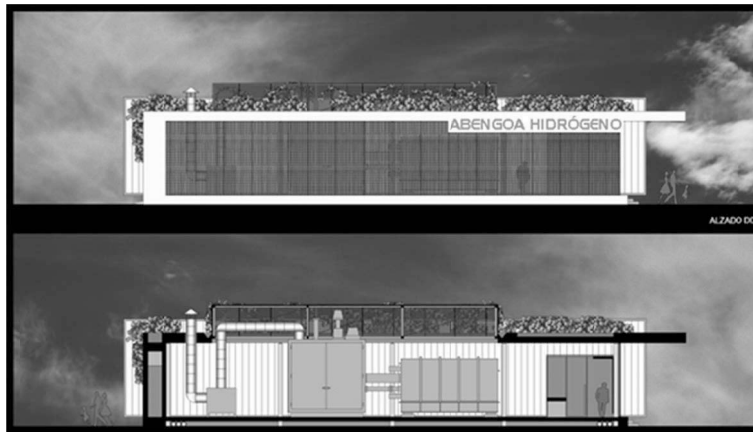


Figura 8. Sistema de Pila de Combustible a instalar en Campus Palmas Altas, oficinas centrales de Abengoa (Sevilla).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cogen España, Asociación Española para la promoción de la Cogeneración. www.cogenspain.org
- [2] Los costes que se muestran son aproximados. El coste final depende de diferentes aspectos tales como el lugar de instalación, el coste de la materia prima, la calidad del combustible que se emplee, etc.
- [3] Los datos mostrados en la tabla, hacen referencia al inicio de vida útil de las plantas de potencia, viéndose estas degradada un 10% en eficiencia durante los cinco años de vida del sistema de pila de combustible.

DOMÓTICA Y AUTOMATIZACIÓN APLICADA EN EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA

Joan Carles Reviejo, Director, Domintell España

Resumen: En el proceso de diseño de un EECN intervienen distintos factores que convergen en el objetivo de conseguir un edificio eficiente. La combinación de un buen proyecto arquitectónico, especialmente incorporando criterios y mecanismos de diseño pasivo, la incorporación de sistemas activos, la selección de materiales y una correcta ejecución permiten conseguir los objetivos fijados para un Edificio de Energía Casi Nula. Estos edificios se implantan en un entorno que es cambiante, en que el que variables ambientales como la posición del sol, la inclinación e intensidad de los rayos solares varían a diario. También varían sus condicionantes de uso como pueden ser los horarios y los niveles de ocupación del edificio. Todo ello implica la incorporación en el edificio de mecanismos que permitan gestionar edificantemente la piel del edificio, su ventilación y la optimización de su consumo energético. Muchos de estos mecanismos tienen su origen en la arquitectura tradicional y se han adaptado, como consecuencia de los cambios en la sociedad y en nuestro estilo de vida, incorporando sistemas que permitan su automatización, optimización y monitoreo. La domótica aporta los recursos y mecanismos necesarios para que un edificio funcione de forma automática, dinámica, eficiente y transparente para los usuarios. El mercado dispone de multitud de sistemas, fabricantes y componentes que, como con Domintell, permiten implementar la tecnología más adecuada en cada proyecto.

Palabras Claves: Ahorro, Automatización, Control, Domótica, Iluminación, Sistemas

INTRODUCCIÓN

En el proceso de diseño de un EECN intervienen distintos aspectos que convergen con el objetivo de conseguir un edificio eficiente energéticamente. La combinación de un buen proyecto arquitectónico que incorpore criterios y mecanismos de diseño pasivo, una adecuada elección de materiales y aislamientos, una correcta ejecución y la incorporación de sistemas de control activos permiten conseguir los objetivos fijados para un edificio de energía casi nula. Los edificios se implantan en un entorno que es cambiante, en que el que variables ambientales como la temperatura exterior, la posición del sol, la inclinación e intensidad de los rayos solares varía diaria y estacionalmente. También varían sus condicionantes de uso, en función de horarios y del nivel de ocupación del edificio.

La utilización de sistemas de geotermia de baja potencia como los pozos canadienses o provenzales, de sistemas bioclimáticos pasivos como el muro Trombe requieren en muchos casos la incorporación en el edificio de mecanismos que permitan gestionar eficazmente la piel del edificio, su ventilación y optimizar su consumo energético. Muchos de estos mecanismos tienen su origen en la arquitectura tradicional y se han adaptado, como consecuencia de cambios en la sociedad y en nuestro estilo de vida, incorporando tecnologías que permitan su automatización y monitoreo.

La domótica aporta los recursos y mecanismos necesarios para que un edificio funcione de forma automática, dinámica, eficiente y transparente para sus usuarios. El mercado dispone de multitud de sistemas, fabricante y componentes que permiten implementar la tecnología más adecuada para cada proyecto. Domintell aporta a este sector, entre otras muchas ventajas, la simplicidad y flexibilidad de su software de configuración Domintell 2.

SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

La domótica permite optimizar y automatizar procesos, de manera que estos sean transparentes al usuario y desatendidos. También permite la monitorización y registro de temperaturas, de consumos y

de tiempos. Esta información se utiliza como condición en la programación de las funciones que integremos y verificar su correcto funcionamiento. A continuación enumeramos algunos de los componentes utilizados y su campo de aplicación.

Lectores de consumo

Contadores de consumo eléctrico

Los contadores de consumo eléctrico están equipados con un toroide que permite registrar los consumos en una o en múltiples líneas de un edificio. Se conectan a equipos que permiten registrar el consumo eléctrico en punta y obtener las estadísticas de consumo diario, mensual y anual.

Las lecturas de consumo en punta pueden utilizarse para funciones de racionalización de consumo combinando la electricidad producida por sistemas de cogeneración como placas fotovoltaicas, con las aportaciones procedentes de la red eléctrica cuando sea necesario.

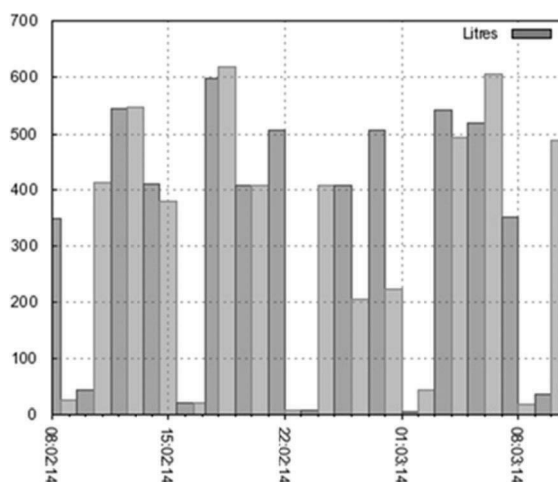


Figura 1. Lector de consumo eléctrico y gráfico de consumo diario.

La mayoría de fabricantes disponen en su catálogo de lectores para instalaciones monofásicas y trifásicas. El sistema utilizado por Domintell tiene la particularidad de que permite asignar, mediante su software de configuración Domintell 2, a cada salida su carga asociada, permitiendo realizar estudios de consumo estimado muy detallados y sin necesidad de realizar una gran inversión en hardware.

Contadores de pulsos, registro de consumos de fluidos

Los contadores de pulsos permiten contabilizar el consumo de fluidos como gas, gasoil y también de agua. El sistema también permite registrar los consumos en punta y las estadísticas de consumo diario, mensual y anual.

Sondas analógicas

En la familia de las sondas analógicas encontramos las sondas de temperatura, luxómetros, anemómetros, etc. Permiten un control preciso en aplicaciones de climatización y de control de iluminación.

Sondas de temperatura

Las sondas de temperatura permiten obtener lecturas de temperatura interior y exterior. En función de estas lecturas se condiciona el funcionamiento de los sistemas de climatización y de ventilación.



Figura 2. Sonda de temperatura interior.

Luxómetros

Los luxómetros permiten medir la intensidad luminosa en un espacio. Con ellos combinaremos las aportaciones de iluminación natural con el mínimo consumo de iluminación artificial necesaria para obtener el número de luxes adecuado para la iluminación de una sala. Estos sensores permiten a los sistemas de domótica discriminar circuitos de iluminación y regular la intensidad de las luminarias.

Módulos de control

Los módulos de control son los encargados de la automatización. Permiten controlar motores de persianas y las protecciones solares de una fachada. Permiten gestionar las velocidades de ventilación, el número de renovaciones de aire y los juegos de trampillas que permiten modificar las direcciones y criterios de recirculación del aire. También permiten actuar sobre las válvulas de tres vías que permiten recircular si es necesario agua caliente o fría, por ejemplo hacia un intercambiador de calor.

Módulos de salidas de relé

Los módulos de salidas de relé permiten el control de todo tipo de motores, como ventiladores VMC, motores de persianas, protecciones solares y trampillas motorizadas. Estos módulos permitirán al sistema domótico abrir, cerrar, orientar y temporizar.

Estos automatismos están sujetos a condiciones horarias, lecturas de radiación, temperatura y de ocupación del edificio.



Figura 3. Módulo de control ventilador VMC.

Módulos de regulación

Los módulos de regulación permiten regular la intensidad luminosa de las luminarias en función de las necesidades de uso y de la aportación de luz natural existente en cada momento. La regulación se realiza mediante potenciómetros, salidas analógicas de 0-1/10V y mediante interfaces compatibles con los protocolos DALI y DMX512.

Monitorización

La monitorización de la instalación puede realizarse a través de pantallas táctiles fijadas sobre muro o mesas de control, y también terminales móviles, más económicos, como tabletas equipadas con sistema operativo iOS o Android. En las instalaciones realizadas con Domintell se utiliza el módulo de comunicación Ethernet DETH02.

Es posible conectarse con la instalación en modo local y en modo remoto, de manera que podemos acceder a la instalación desde cualquier lugar del mundo. Para ello es preciso disponer de una IP fija pública. En el caso de tener contratada una conexión a internet con IP dinámica, el sistema es compatible con servidores DDNS (dynamic DNS). El sistema registra consumos y el tiempo de funcionamiento de las salidas del sistema. Es posible visualizar gráficamente estadísticas diarias, semanales, mensuales ya anuales.

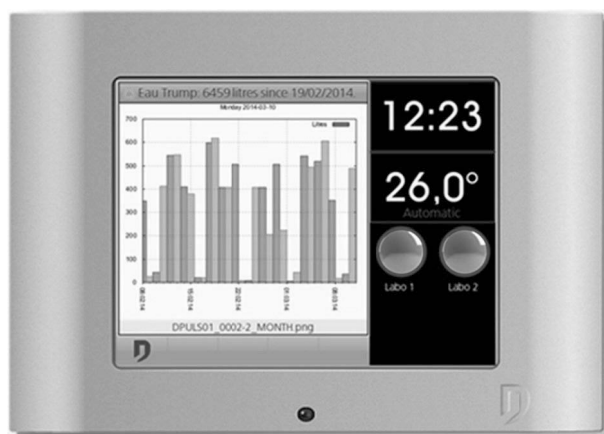


Figura 4. Lectura de consumos sobre una pantalla táctil.

EJEMPLOS DE APLICACIÓN

Control Muro Trombe

Los llamados “Muro Trombe” o “Muro Trombe - Michel” son sistemas de calefacción pasiva indirecta. El primer diseño fue patentado en 1881 por Edward Morse, pero no se popularizó hasta los años 1960 con la construcción de unas casas solares pasivas en Font-Romeu, Odeillo (Francia), por el ingeniero Felix Trombe y el arquitecto Jacques Michel.

El sistema está compuesto por una fachada de cristal, normalmente orientada a Sur, separada mediante una cámara de aire ventilada de un muro acumulador. Este muro se construye con piedra, hormigón o cualquier otro tipo de material que disponga de una elevada inercia térmica. Las condiciones de utilización del muro Trombe varían en función de la estación (Invierno – Verano) y durante el día y la noche. Por ello los diseños actuales incorporan unas aperturas de ventilación en la parte alta y baja del muro equipadas con unas trampillas de obturación que permiten su control.



Figura 5. Muro Trombe controlado con Domintell.

En muchas latitudes resulta conveniente equiparlos con un alero bien dimensionado que reduzca la incidencia directa de los rayos solares sobre el muro cortina durante el verano. En algunas aplicaciones los sistemas de protección solar son móviles y están motorizados, permitiendo su ajuste en función de si nos encontramos en temporada de invierno o de verano.

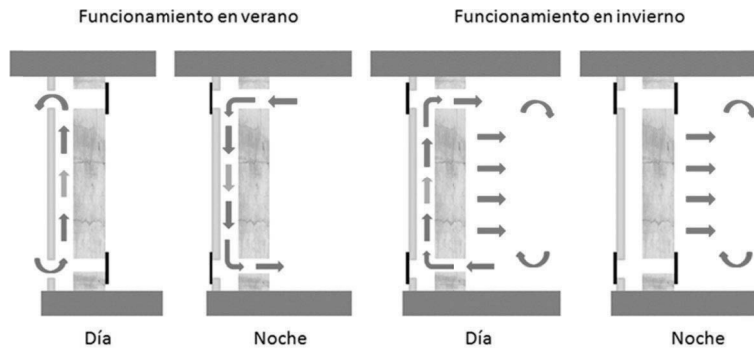


Figura 6. Esquema de funcionamiento de un muro Trombe.

Es conveniente que el sistema de recirculación de aire esté desatendido por parte del usuario. La domótica aporta los mecanismos que permitirán ajustar la posición de las trampillas motorizadas para adecuar la recirculación del aire en función de criterios horarios y lecturas de temperatura. Con los módulos del sistema Domintell controlamos el funcionamiento de las trampillas motorizadas y realizamos lecturas de temperatura.

Control de un sistema de climatización basado en un pozo canadiense.

El pozo canadiense o provenzal, es una técnica de recirculación de aire natural que permite mantener una vivienda fresca en verano. Acostumbran a definirse como sistemas de climatización geotérmica de baja potencia, y su aplicación es más económica que otros sistemas de geotermia basados en la utilización de pozos.

Su nombre proviene de su aplicación en la Provenza (Francia) francesa como sistema para refrescar en verano y en Canadá como sistema para precalentar el aire en invierno.

Un pozo canadiense es una instalación geotérmica que trabaja a baja temperatura y a poca profundidad, aprovechando la estabilidad de temperatura de las capas superficiales del subsuelo. Para ello se entierran unos conductos a una profundidad de 1,50 a 5,00 metros a través de los cuales se recircula el

aire. El rendimiento de la instalación variará en función de la longitud del tubo y de la profundidad. También estará afectada por los condicionantes climáticos de la zona en la que se realice la instalación.

Cuando el aire en movimiento entra en contacto con la superficie de las tuberías, intercambia frío o calor aproximándose a la temperatura del subsuelo. Adicionalmente este aire recirculado pasará a través de un intercambiador de calor con el que permitirá atemperarlo con un aporte de frío o calor adicional.

Las aportaciones extra calor pueden obtenerse del circuito primario de las placas solares ACS o de frío mediante la recirculación de agua procedente de un depósito enterrado de recogida de aguas pluviales. Para la recirculación del aire acostumbra a utilizarse un ventilador mecánico de bajo consumo VMC. En ocasiones puede recircularse de forma natural mediante sistemas pasivos como chimeneas solares.

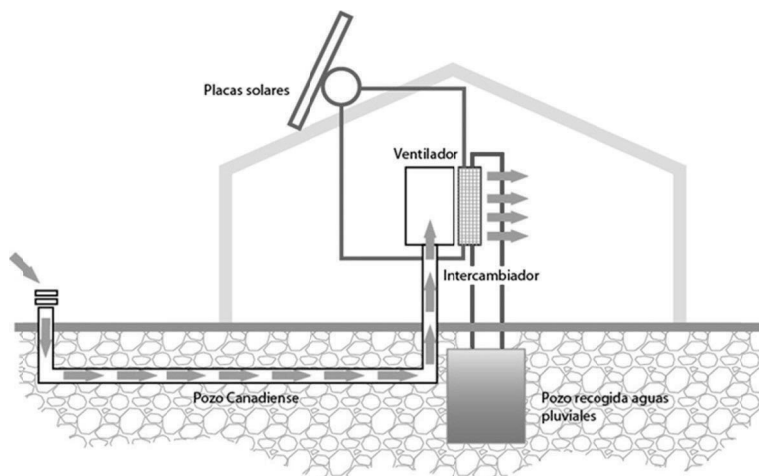


Figura 7. Esquema Pozo Canadiense.

El sistema domótico se ocupa de automatizar el proceso, controlando las velocidades del ventilador y actuando sobre las válvulas de tres vías y las bombas de recirculación que permiten el paso de agua fría o caliente al intercambiador cuando es necesario.

CONCLUSIONES

La domótica ofrece para este tipo de soluciones los recursos necesarios para automatizar su funcionamiento. Con ello aportamos al usuario final eficacia, comodidad y facilidad de manejo, de manera que en la mayoría de diseños el sistema funciona completamente desatendido.

Sumando al control de este tipo de soluciones el control de los sistemas iluminación y el valor añadido que aporta la domótica en términos de ahorro, confort y seguridad, hace que la inversión realizada en estos equipos se amortice rápidamente.

Domintell aporta al sector productos de calidad, a precios asequibles y con la garantía de facilidad de configuración y manejo del software Domintell 2. El sistema es abierto, permitiendo la integración y desarrollo de soluciones de control y monitorización por parte de terceros.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a Mr. Robert MICHEL y Mr. Patrick LOUIS de la sociedad TRUMP ELECTRONICS S.A. por su apoyo. A Xavier Humet de G9 Arquitectura i Gestió, por su confianza y elegir nuestros sistemas para equipar su vivienda en Valldoreix. A los estudios SAUSRIBALLONCH arquitectos y GMG por inspirarnos durante el estudio de una aplicación de control para un pozo Canadiense.”

IMPORTANCIA DE LOS ELEMENTOS TERMINALES PARA LOS EECN; LA TECNOLOGÍA RADIANTE, REQUISITOS Y BENEFICIOS

Enrique Tarraga sanchez, Ingeniero de desarrollo, 4Eclima
Laura Prados Gimeno, Dir. Arquitectura de construcción, 4eclima
Luis Jordan fernandez, Ingeniero de producción, 4eclima

Resumen: Para garantizar la salubridad y calidad térmica en las instalaciones en la edificación, se hace imprescindible (por rentabilidad) la utilización de la tecnología radiante TECS. Los sistemas TECS como elemento terminal y la disociación de los sistemas térmicos y de tratamiento de aire, garantizan reducciones del 45% del consumo de energía para alcanzar el objetivo de los Edificios de Energía Casi Nulo (EECN). Los TECS son además un factor dinamizador de mercado al reducir los costes de las inversiones y por tanto el tiempo de amortización en el objetivo de los EECN. Sin embargo para implantar esta tecnología es necesario eliminar las barreras producidas por la calidad de algunos sistemas. La solución parte por una nueva normativa que contemple los factores de calidad de esta tecnología y permita el desarrollo de sistemas eficientes. En el artículo se expone un ejemplo de construcción residencial analizado en un sentido amplio en base a los requisitos de la sostenibilidad.

Palabras Claves: Disociación de Sistemas, Normativa adecuada, Tecnología Radiante

INTRODUCCIÓN

La alta dependencia energética y el deterioro del medioambiente en la UE, tiene en los edificios a su mayor responsable al ser el causante del 40 % del consumo total de energía. Para revertir esta situación es necesario que todos los actores que intervienen en el proceso energético aporten soluciones que permitan reducir el consumo de energía y en un sentido más amplio la sostenibilidad.

A nivel legislativo, la UE con la Directiva 2010/31/UE “Eficiencia energética de los edificios”, establece la obligatoriedad de los Estados de fijar unos requisitos mínimos de eficiencia energética en los edificios o en partes de ellos, con el fin de alcanzar niveles óptimos de rentabilidad teniendo en cuenta todos los costes a lo largo de la vida del edificio, “Edificios de Energía Casi Nula” (EECN).

A nivel tecnológico, el desarrollo de estándares como el PASSIVHAUS STANDARD, fundamentado principalmente en la dotación de un mayor nivel de medidas pasivas a los edificios, tiene como consecuencia unos costes de inversión elevados que es necesario reducir.

Las empresas del sector desarrollan cada vez sistemas más eficientes en la generación de energía como es el caso de la implantación de la tecnología Inverter en el sector residencial; sin embargo los resultados energéticos se pueden mejorar en un 45%, con la utilización de las TECS y la disociación de la instalación de Tratamiento de Aire de la instalación de Tratamiento Térmico. Además, las TECS, aportan un mayor grado de sostenibilidad a la edificación en su sentido amplio: social, económico y medioambiental.

OBJETIVO

En el artículo se analiza y se expone un ejemplo de los beneficios de la implantación de las TECS, en una Arquitectura energética con los sistemas térmico y de tratamiento de aire disociados.

El análisis se realiza en base en los requisitos de la sostenibilidad e4 definidos por sus cuatro dimensiones básicas o principales: excelencia ambiental, eficiencia y ahorro de energía, ecología y economía

Descripción del análisis

Los sistemas de la tecnología TECS, tal y como muestra la ilustración siguiente:



Figura 1a. Detalle de montaje de TECS: Montaje de sistema térmico, formado por perfiles de aluminio en forma de aleta donde se inserta el circuito de tubería para climatización.



Figura 1b. Detalle de montaje de TECS: Montaje de la superficie de acabado soportada en el sistema térmico.

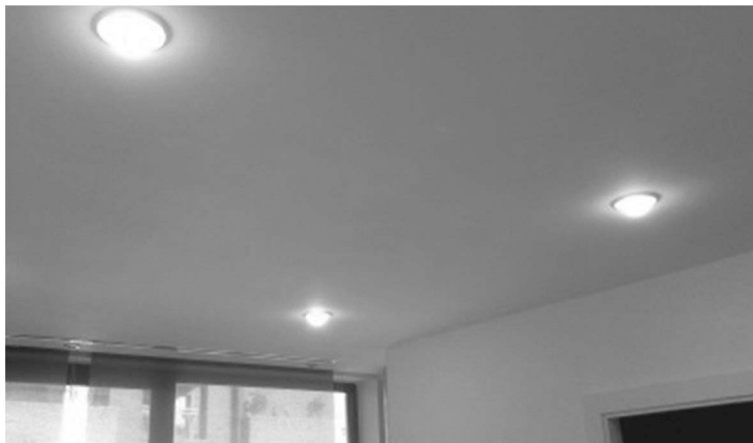


Figura 1c. Detalle de montaje de TECS: Vista final acabada la superficie de techo, quedando el sistema embebido en la superficie, factor que le aporta salubridad.

En el análisis energético de las instalaciones técnicas la Figura 2, muestra el porcentaje del consumo de energía en la producción 78%, el transporte de energía secundario 20% (ventiladores en los elementos terminales de difusión de aire tipo split o fan coil) y el 2% en el transporte de primario (bombas de circulación de agua).

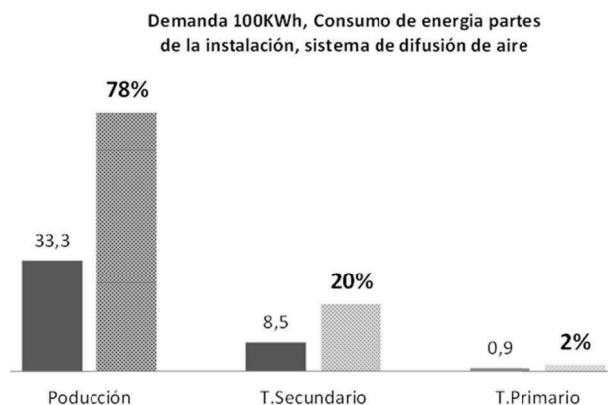


Figura 2. Porcentaje en el consumo de energía de las instalaciones técnicas.

La Arquitectura energética de los elementos terminales se realiza disociada tal y como muestra la Figura 3, para optimizar los consumos de energía. En la Figura se observa el sistema de tratamiento de aire separado del sistema térmico, permitiendo gestionar de forma individual la masa de aire a tratar por el nivel de CO₂ y Humedad [1] ambiente para evitar el crecimiento proliferación de elementos patógenos para el ser humano.

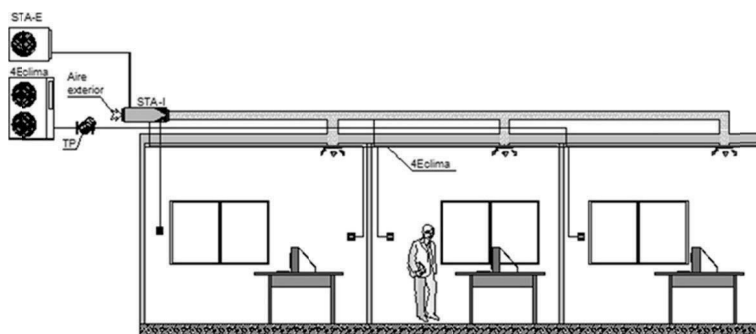


Figura 3. Arquitectura energética de elementos terminales.

Los beneficios de las TECS, sobre los sistemas tradicionales de difusión de aire en base a los requisitos de la sostenibilidad y como ejemplo el análisis de una edificación residencial situada a orillas de Mar Menor en (Murcia), son las siguientes:

ANÁLISIS DE LOS REQUISITOS DE LA SOSTENIBILIDAD

La arquitectura energética disociada entre el sistema de Tratamiento de Aire y el Sistema Térmico, permite en un ciclo anual (calefacción, periodo transitorio y refrigeración) reducir el consumo de energía el 45%.

Los TECS aportan los siguientes beneficios a nivel energético:

- De forma pasiva, aumentan el 42% el nivel de aislamiento de la superficie de techo en construcciones que cumplen con el CTE.
- Reducen el 30% la demanda de energía.
- Reducen el 70% el consumo de energía de transporte secundario.
- Incrementan el 25% la eficiencia en la producción de energía de los sistemas de compresión de vapor.

Aportación de aislamiento

Las TECS incorporan aislamiento del orden de 40mm, con un coeficiente de transferencia térmica de 0,023 mK/W.

Reducción de la Demanda

Durante el periodo de Calefacción para una temperatura Operativa de 20°C, el sistema radiante consigue la neutralidad térmica de los ocupantes con una temperatura ambiente de 18°C.

Durante el periodo de Refrigeración para una temperatura Operativa de 24°C, el sistema radiante consigue la neutralidad térmica de los ocupantes con una temperatura ambiente [2] de 25,7°C.

La menor diferencia entre la temperatura ambiente y la exterior por el mayor intercambio de energía entre los ocupantes y la superficie radiante de forma directa por el mecanismo de radiación tiene como consecuencia la reducción del 30% de la demanda de energía.

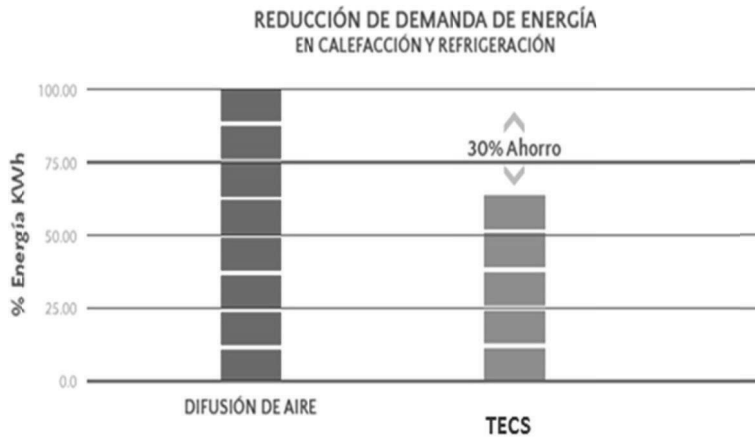


Figura 4. Reducción demanda energía TECS.

Reducción la energía de Transporte secundario

El consumo de energía de movimiento de aire solamente se produce en la renovación de aire y tratamiento de la humedad a niveles del 40% - 60%, con controles específicos, por tanto el consumo de energía se puede considerar óptimo.

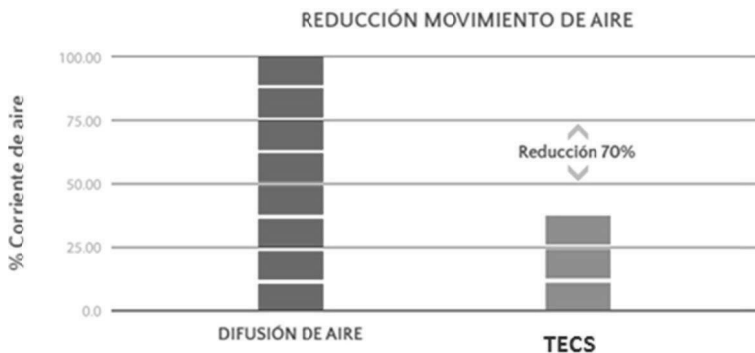


Figura 5. Consumo energía transporte secundario con TECS.

Eficiencia energética en la producción

La eficiencia con sistemas de producción de energía por compresión de vapor aumentan del orden del 25% (calefacción de 45°C con fan-coil a 34°C con TECS; refrigeración de 7°C con fan-coil a 14°C con TECS).

Reducción del consumo de energía

En resumen se reduce del orden del 45% el consumo de energía, tal y como muestra la Figura 6:

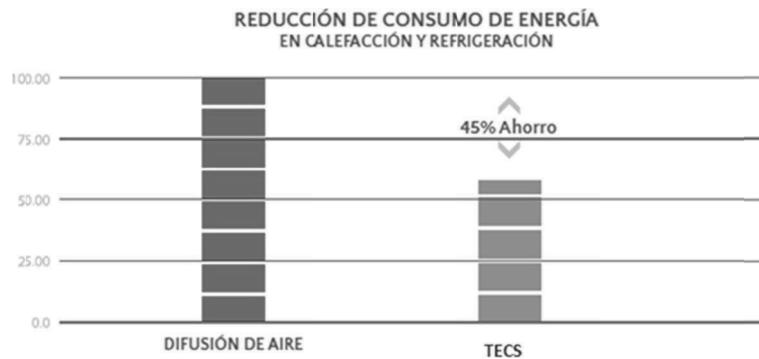


Figura 6. Reducción del consumo energía, TECS.

Otros factores a destacar según los criterios de la sostenibilidad son:

Excelencia ambiental

- Uniformidad de temperaturas en el espacio acondicionado.
- Eliminación del riesgo de corrientes molestas de aire.
- No aporta contaminación acústica.

Ecología

Reduce las emisiones de CO2 un 45%, proporcional al consumo de energía.

Mejor utilización de los recursos naturales, por la mayor vida media del sistema comparado con los sistemas de difusión de aire.

Economía

- La potencia a instalar se reduce un 35% (reducción de la demanda y mayor eficiencia en la producción)
- Menor coste de recursos energéticos (energía + mantenimiento)

Para la obra residencial de ejemplo, con 420m2 acondicionados con la arquitectura energética dissociada de los elementos terminales:

Sistema de tratamiento de aire por áreas (planta baja, piso y zona de ocio) controlado por CO2 y Humedad relativa ambiente

Sistema térmico radiante por zona, con control de la temperatura ambiente y proporcional a la radiante de techo (Temperatura Operativa)

La potencia instalada para producción de energía son dos Bombas de Calor aire-agua con compresor inverter de 4,5 kW/cada una. Tratamiento de aire (6 equipos de 0,12kW).



Figura 7. Fachada vivienda y bombas de calor aire-agua.

Discusión de los resultados

El objetivo final, de conseguir edificios con baja demanda de energía: en Calefacción a 15kWh/m2año; Refrigeración a: 15 kWh/m2año; Energía Primaria Total 120kWh/m2año; en resumen, reducir la demanda de calefacción y refrigeración a potencias específicas del orden de 10 W/m2 con inversiones rentables y suministrar la energía primaria a partir de fuentes de energías renovables.

La aplicación del estándar sólo con medidas pasivas tiene un coste de inversión [3] elevado. Las inversiones con medidas pasivas con un coste medio previsto de 580 euros/m2 (Figura 8), con el sistema térmico 4Eclima pueden pasar a tener un coste de 140 euros/m2; reduciendo la inversión en un 76%; dinamizándose el mercado y reduciendo el tiempo de obtención del objetivo.

Table 3A1 – Renovation type and cost estimates

Source: BPIE model

Description (renovation type)	Final energy saving (% reduction)	Indicative saving (for modelling purposes)	Average total project cost (€/m ²)
Minor	0-30%	15%	60
Moderate	30-60%	45%	140
Deep	60-90%	75%	330
nZEB	90% +	95%	580

Figura 8. Costes Inversión para la reducción del consumo de energía en la edificación (Fuente BPIE).

La aplicación de las TECS, permite beneficios en todos los escalones del proceso energético: Aporta aislamiento como medida pasiva: Reduce la demanda de energía; Mejora la eficiencia energética en la producción de energía; además de aportar mayores niveles de calidad ambiental.

Por tanto, una tecnología como la radiante utilizada desde los orígenes del ser humano es necesario dotarla de Normas de Calidad que garanticen su calidad como producto y su implantación junto a medidas pasivas y otras tecnologías permita un factor fundamental como es la Rentabilidad en las Inversiones.

AGRADECIMIENTOS

Antonio Caballero Castejón, Director de compras del grupo Cobber.

Vivienda en: c.Cabo de Gata, c.Cabo de Mar y c. Cabo Ortegaleja.

Santiago de la Ribera "Urbanización Torre Mínguez" - San Javier (Murcia).

REFERENCIAS

[1] 2008 ASHRAE Handbook; HVAC Systems and Equipment cap 22.1

[2] Chilled Ceilings in Parallel with Dedicated Outdoor Air Systems: Addressing the Concerns of Condensation, Capacity, and Cost. Stanley A. Mumma, Ph.D., P.E. Fellow ASHRAE.

[3] Europe's buildings under the microscope; Buildings Performance Institute Europe (BPIE); pag.-103.

"OVERVIEW" DE LAS EDIFICACIONES EN ESPAÑA QUE SE AUTOPROCLAMAN SOSTENIBLES

Josep Maria Riba Farrés, Presidente, Asociación Casa Bioclimática
Xavier Millet, Vicepresidente, Asociación Casa Bioclimática
François Guisán, Ingeniero Industrial, Comité Técnico Casa Bioclimática
Laura Jarauta, Ingeniero Industrial, Comité Técnico Casa Bioclimática
Agustí Trias, Arquitecto, Comité Técnico Casa Bioclimática

Resumen: Visión global de la situación medioambiental y energética de las 300 edificaciones más representativas, participantes en las 7 ediciones (2009-2013) de los Premios Endesa a la Promoción Inmobiliaria más Sostenible. El análisis lo ha realizado la Asociación Casa Bioclimática, creadora y organizadora de estos Premios, que Endesa patrocina desde la 1ª edición. Como se describe a continuación, veremos que en España se aprecia un esfuerzo en la mejora de eficiencia energética y en tecnología, en cuanto a máquinas y sistemas, pero en detrimento de los conceptos bioclimáticos, sobre todo por el punto de partida de las preexistencias urbanísticas. El urbanismo actual español no es lo bioclimático ni eficiente que debería ser.

Palabras Claves: Coste euros/m2 Construido, Muestra de 300 Edificios, Nueva Construcción, Preexistencias Urbanísticas, Premios Sostenibilidad Endesa, Rehabilitación, Sistemas y Tecnologías Aplicados

INTRODUCCIÓN

Después de estas 7 ediciones anuales de los Premios, se ha querido realizar un análisis global para conocer los puntos fuertes y los puntos débiles de los edificios que se han presentado a estos Premios por su valor sostenible. Al disponer de información de más de 300 edificios, Casa Bioclimática ha pensado que era una oportunidad excelente presentar por primera vez este estudio en el Congreso de Edificios de Energía casi Nula.

EL PROYECTO

Se presentan en este artículo los resultados globales y del conjunto como una visión general de la sostenibilidad en los edificios de España, entre los años 2007-2013, analizando los 300 "estudios de caso" seleccionados en las 7 ediciones de los "Premios a la Promoción Inmobiliaria más sostenible" que ha organiza la Asociación Casa Bioclimática -ADCB-, con el patrocinio de ENDESA y el apoyo de Barcelona Meeting Point.

La oportunidad de extraer conclusiones de una realidad nos permite ver la tendencia real en materia medioambiental en nuestras construcciones, iniciando así un observatorio de la sostenibilidad con resultados fiables.

No es una muestra homogénea, pues proviene de una convocatoria de premios, pero si es representativa entre los edificios con voluntad de ser más sostenibles. Es una visión amplia en la que se analizan, procesan y ponderan, todos los ítems medioambientales agrupados en los cuatro vectores principales: Energía, Agua, Residuos y Aspectos sociales. Los casos de estudio se dividen en tres grupos: Residencial, No residencial y Rehabilitación.

Este análisis se realiza en construcciones del sector residencial y del terciario, en obra nueva y rehabilitación, tanto en obra pública como privada. En el sector residencial hay edificios unifamiliares y plurifamiliares. Se trata de obras mayoritariamente acabadas, aunque algunas se analizan con licencia concedida.

Se evalúa las cualificaciones medioambientales medias y parciales y se ponderan las demandas energéticas, el coste euros/m², las tecnologías y los materiales.

El proceso de valoración se realiza mediante una matriz cualitativa y ponderativa, basada en la Declaración 01/2005: Criterios para la edificación medioambiental en la Europa Mediterránea de la ADCB. La matriz consta de 16 categorías y 49 criterios, valoradas entre -1 y 3.

1. situación urbanística.
2. integración en el entorno.
3. tipología constructiva.
4. orientación y exposición del proyecto.
5. calidades bioclimáticas.
6. definición de la envolvente.
7. ventilación e infiltración.
8. iluminación y domótica.
9. instalaciones térmicas (frio y calor).
10. energías renovables.
11. ciclo del agua.
12. gestión de residuos.
13. Salubridad.
14. Materiales.
15. Gestión de recursos.
16. Innovación hacia la sostenibilidad.

El proceso se complementa con el análisis del comité técnico y la voluntad principal de cada caso procesado, viendo en que destaca y en que falla, coteando otros aspectos como coste €/m², o las preexistencias de partida.

Distribución de los casos estudiados según las imágenes 1 y 2:

- Por años y categorías (Residencial, no residencial, rehabilitación)
- Por ubicación geográfica

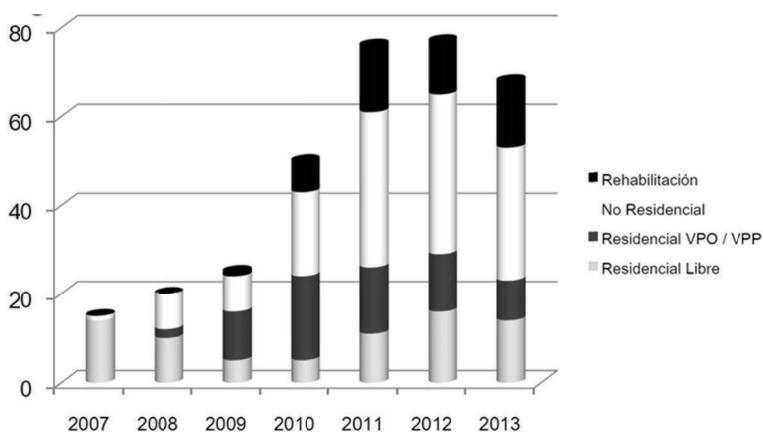


Figura 1. Clasificación por años y categorías.

La distribución de los casos estudiados responde a un 46% del sector privado y un 54% del sector público.

RESULTADOS

La nota global de los casos de estudio del período 2009-2013 según los criterios de valoración de la matriz es de 0,94, puntuada entre -1 y +3. En las siguientes cuatro imágenes, se presentan los resultados globales por categorías de análisis de la matriz. Primero los valores de la media para el último año 2013 y los valores de la media para el periodo 2007-2013 para poder proceder a su comparación. En segundo lugar los valores acumulados por criterios del año 2013 y del acumulado del periodo 2007-2013.

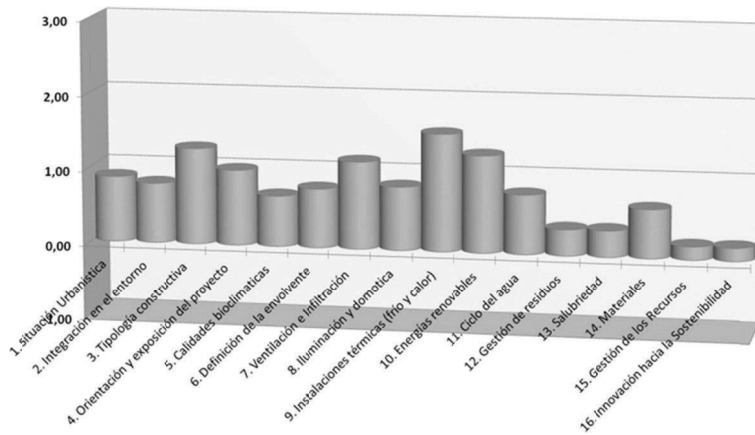


Figura 2. Resultados globales – valores de la media 2013.

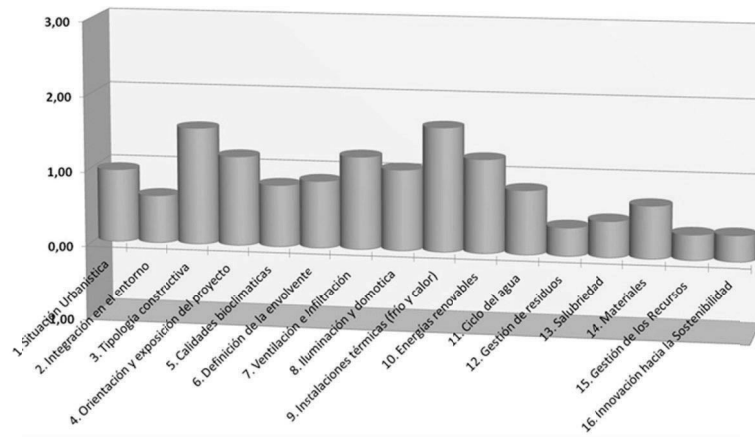


Figura 3. Resultados globales – valores de la media 2007-2013.

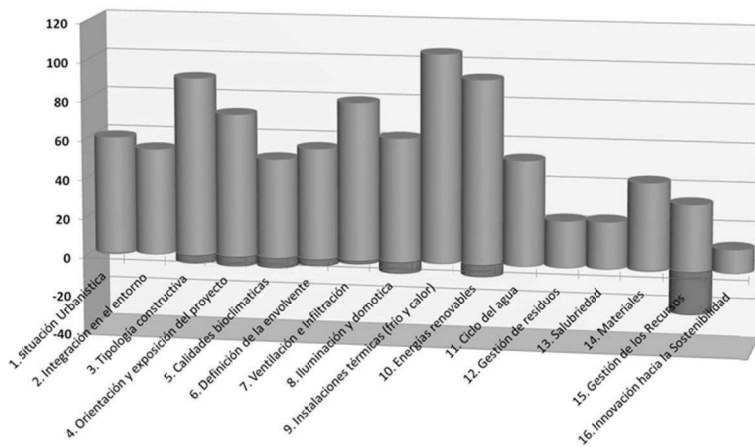


Figura 4. Resultados globales – acumulados 2013.

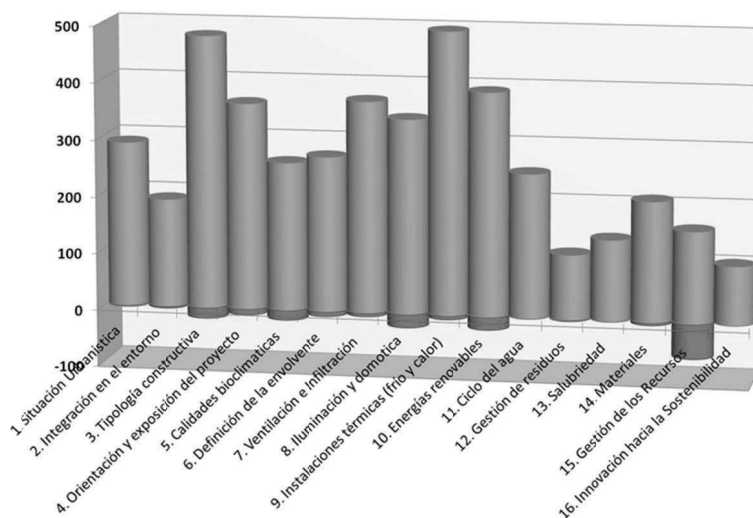


Figura 5. Resultados globales – acumulados 2007-2013.

Aunque las imágenes ponen de manifiesto resultados positivos, cabe recordar que los casos estudiados se han presentado a unos premios con voluntad de sostenibilidad, y en un análisis detallado, al profundizar, se pone de manifiesto que la realidad es otra:

- Pocos valores medios de las categorías sobrepasan el valor +1.
- Los peor considerados son agua, residuos y materiales.
- Se emplean más las tecnologías y sistemas en las instalaciones que las soluciones bioclimáticas.

En la comparación entre el año 2013 y el período 2007-2013 se aprecia que la tendencia se mantiene para todos estos aspectos, sin una evolución destacable en ningún criterio.

La situación urbanística en España responde a otro paradigma que da más valor e importancia a otros criterios no medioambientales que a la propia orientación solar u otros criterios bioclimáticos. Con esta preexistencia urbanística, la mayoría de los proyectos analizados no corrigen este aspecto bioclimático.

La respuesta tipológica en general, evidencia un esfuerzo y una voluntad en cuanto a la orientación aunque de difícil realización debido al marcaje urbanístico.

Se evidencia poco esfuerzo en las calidades bioclimáticas y la definición de envolvente. Cierta mejora en la ventilación por influencia del CTE y una tendencia de mejora en iluminación natural.

Hay incremento notable en instalaciones de climatización por la aplicación de CTE. Este incremento también se produce en las energías renovables aunque prima la energía fotovoltaica frente a tecnologías más innovadoras como la geotermia, la biomasa o la minieólica. Hay una lectura habitual de entender la eficiencia energética como alta tecnología en máquinas.

No se realiza prácticamente ningún esfuerzo en la gestión del ciclo del agua in situ, a parte de las redes separativas. No aparecen casos de recuperación, potabilización y explotación de recursos propios.

En gestión de residuos se fomenta únicamente la gestión centralizada, sin encontrar casos, por ejemplo, de gestión descentralizada de la materia orgánica in situ, cuando es posible. En residuos, en conjunto, se puede interpretar que hay mucho camino por recorrer.

En materiales, se observa que en España se construye con los sistemas tradicionales conocidos y con muy poca innovación.

Los resultados rezan que en la gestión de los recursos y en la innovación hacia la sostenibilidad en España, de momento, hacemos muy poco.

Hay valores negativos que no deberían producirse en edificios con pretensión sostenible.

Según la apreciación del comité técnico, en la mayoría de los casos el valor más destacable son las instalaciones eficientes y los valores más despreciados son la gestión del ciclo del agua y los recursos.

Sin menoscabo de las reflexiones globales anteriores, en la figura 7 se muestra la distribución de los criterios de buenas prácticas utilizados en los casos analizados.

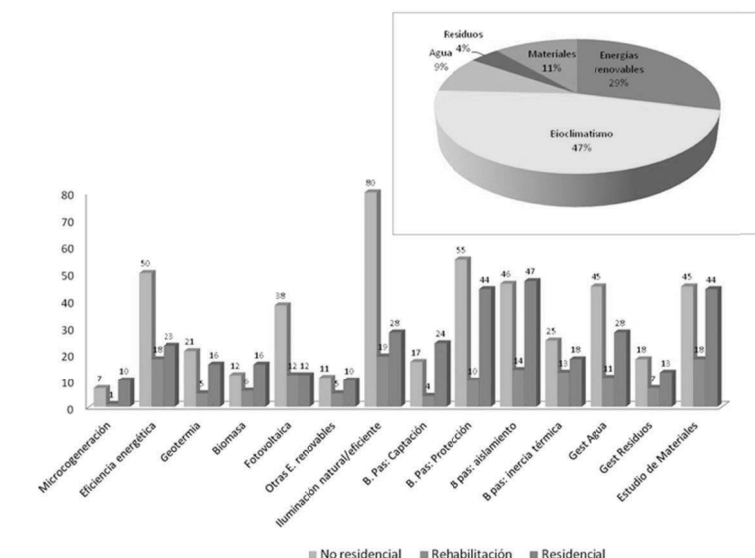


Figura 6. Número de casos 2011-2013 por criterios.

El análisis técnico de los casos estudiados siempre va acompañado del análisis de costes. En la figura 7 vemos los costes de obra de las últimas ediciones por grupos.

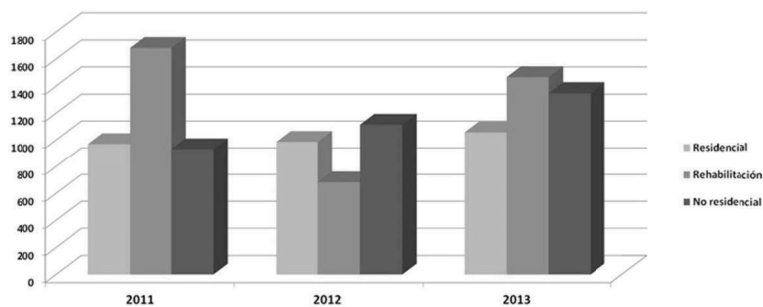


Figura 7. Coste en euros/m2 por grupos.

En el caso de las Rehabilitaciones, la disparidad de costes se da por el tipo de proyectos que han concursado y la propia complejidad de la rehabilitación. Hay que ir a cada caso.

En estos Premios también se han valorado, desde la 1ª edición, la calidad del marketing y comunicación que los promotores han aplicado a sus proyectos. Aunque no sea objeto de esta Comunicación entrar en estos temas, hay que señalar que sigue siendo un déficit en la mayoría de casos. Es decir, en general no se argumentan lo suficiente las ventajas de estos edificios a la hora de comercializarlos, ni se divulgan lo suficiente los buenos resultados que se consiguen.

Las variables que se analizan en este apartado de marketing y comunicación son del tipo: si se han hecho estudios de mercado, si ha habido un Plan de Marketing y comunicación coherente, si había Memoria Sostenible del proyecto.

Aunque no hay una categoría urbanística en las convocatorias de los premios, se han presentado casos de actuaciones propias de esta disciplina, plazas, entornos en edificaciones públicas, conjuntos residenciales. Si en un futuro se incluye esta categoría urbanística se podrían procesar de igual forma que aquí se ha hecho con la información. Cabe destacar que en materia medioambiental es de mayor

importancia una buena planificación urbanística que responda a criterios sostenibles, que las tecnologías y los materiales que aporten las edificaciones por recomendaciones del CTE. La orientación al sur de los edificios es primordial para recibir radiación solar.

Cuando se comparan las notas globales de los resultados del estudio aquí presentado, correspondiente a promociones con voluntad sostenible (0,94), con las notas globales habituales de estudios de edificios existentes convencionales (0,34) se ve claramente que: por un lado, es necesario rehabilitar los edificios convencionales medioambientalmente y, por otro lado, que la diferencia de cualificación entre los casos sostenibles y convencionales no es tan grande, por lo que se justifican los comentarios extrapolados en este estudio.

CONCLUSIONES

En España se aprecia un esfuerzo en la mejora de eficiencia energética y en tecnología, en cuanto a máquinas y sistemas, pero en detrimento de los conceptos bioclimáticos, sobre todo por el punto de partida de las preexistencias urbanísticas. El urbanismo actual español no es lo bioclimático ni eficiente que debería ser.

La gestión del ciclo del agua, los residuos, los recursos y la innovación tecnológica hacia la sostenibilidad están a unos niveles todavía muy bajos.

42 VIVIENDAS DE L'HOSPITALET, PRIMER EDIFICIO RESIDENCIAL EN ESPAÑA EN OBTENER LA CERTIFICACIÓN LEED ORO/PLATINUM

Víctor Moure González, Responsable Ecobusiness, Schneider Electric
Ignacio de Ros Viader, AdR Ingeniería

Resumen: Se presenta el diseño y ejecución de un edificio de viviendas, en Hospitalet de Llobregat, ciudad colindante a Barcelona, dónde teníamos el reto de conseguir el edificio más sostenible posible, teniendo en cuenta un presupuesto muy ajustado y que el cliente al que va destinado es de un perfil "clásico". Para ello hemos dotado al edificio de soluciones tecnológicamente muy avanzadas pero lo más transparentes posibles a los habitantes del mismo. Vamos a hacer especial hincapié en el diseño y automatización de las instalaciones.

Palabras Claves: Control de Edificios, Eficiencia Energética, Gestión, KNX, Supervisión

INTRODUCCIÓN

La empresa de gestión Inmobiliaria EspaiMeridional, tenía el reto de construir una promoción inmobiliaria, en el peor momento de la crisis, en una zona con excedentes de viviendas y con muy poca financiación para realizarlo.

Se buscó entonces el dar más por menos, y teniendo en cuenta la madurez del mercado inmobiliario actual, en cuanto a temas de sostenibilidad, se buscó ese plus del buen hacer que es la realización de edificios sostenibles agudizando mucho el ingenio para que encajase en presupuesto.

Entre otros, se está certificando el edificio con LEED y se espera tener los resultados aproximadamente en marzo de 2014. Con una calificación de Gold/Platinum. Como reconocimiento del esfuerzo realizado en la concepción del proyecto.

El objetivo era también el demostrar que un edificio "normal" puede aspirar a los más altos niveles de sostenibilidad, sin tener que ser la sede corporativa de una gran multinacional o un edificio representativo de su ciudad.



Figura 1. Edificio de viviendas en L'Hospitalet de Llobregat.

Edificio de más de 4500m² de 6 plantas con 7 viviendas por rellano, dando un total de 42 viviendas de última generación de dos y tres dormitorios. El edificio, situado en la Avenida de la Gran Vía de

L'Hospitalet de Llobregat, cuenta con certificación energética de clase A. La obra se ha ejecutado en 1,5 años. Se inició a mediados del año 2011 y se terminó a finales de 2013.

EL PROYECTO

El objetivo era ofrecer viviendas sostenibles con una alta calificación en eficiencia energética y el mayor confort para los residentes. Para lograrlo, ADR Ingeniería, empresa perteneciente a la red EcoXpert de Schneider Electric, llevó a cabo el proyecto en cuestión.

La solución implantada en el edificio ha sido basada en una estudiada mejora de los materiales arquitectónicos utilizados, el desarrollo de instalaciones eficientes y un sistema de control de consumos.

En esta línea, el edificio fue dotado de instalaciones comunes para el control de la iluminación, producción de agua caliente sanitaria producida por una planta de micro cogeneración, la cual produce la energía necesaria para abastecer los servicios comunes (escalera y parking) y clima con las que se buscó la máxima eficiencia energética y sostenibilidad.

Los ascensores del edificio constituyen otra de las claves del inmueble, aportando energía Eléctrica alternativa cuando bajan.

Paralelamente, cada piso cuenta con un sistema de control y supervisión de la vivienda a través de dispositivos móviles, así como un sistema de control de calidad del aire, CO2 y humedad relativa.

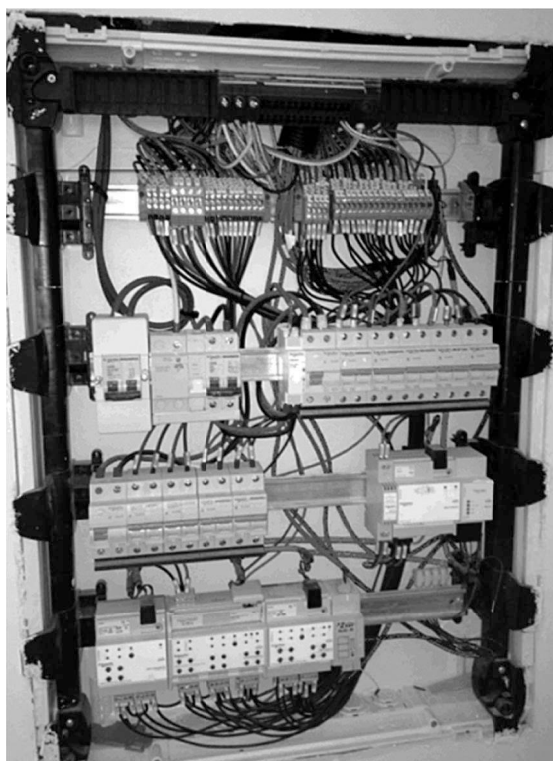


Figura 2. Cuadro de control.

El diseño del edificio se ha orientado para incrementar la eficiencia energética del mismo, sin perder las condiciones de confort, es por ello que se optó por una solución de inmótica KNX de =S= que permite optimizar los consumos de energía en los elementos comunes de la vivienda (iluminación de zonas comunes mediante detectores de movimiento y luminosidad) monitorización y gestión del consumo eléctrico de parking, escalera, grupos de climatización comunitarios y producción eléctrica de la planta de microcogeneración, mezclando diversas soluciones y protocolos, modbus, MBUS, KNX, Bacnet, etc.

En las zonas privadas, viviendas, se ha optado por una solución mixta entre confort y eficiencia, ya que la vivienda puede funcionar en modo “eco”, persianas posicionadas en función de la azimud e inclinación solar, luces temporizadas o con detectores de presencia/luminosidad en las zonas de paso o de poca permanencia de la vivienda o funcionar de forma “normal” para ajustarse a las necesidades de cada propietario, (alguien puede hacer turno de noche). Para ello están controlados de forma independiente, todos los puntos de luz, las persianas y el clima de la vivienda, pudiéndose controlar desde un Smartphone o de forma tradicional, desde los pulsadores.

También se ha abordado la parte de seguridad, dotando a las viviendas de detectores de Incendio e inundación, pudiendo avisar y actuar, por ejemplo cerrando las electroválvulas de agua general, ACS y aguas grises de cada vivienda.

Como todo el mundo sabe ya a estas alturas, por el mero hecho de medir y mostrar los consumos, estos se reducen en un 10%, medidas que recogen por ejemplo el certificado LEED otorgándose mayor puntuación por ello. Este edificio dispone de elementos de generación de energía comunitarios (ACS, frío y calor). Para ello disponemos de medidores de energía que tarifican a cada vecino exclusivamente por la energía que han consumido, pudiendo conectarlo o desconectarlo cuando deseen.

Los inquilinos del bloque de viviendas pueden conocer en todo momento el consumo energético que se está generando tanto en las instalaciones comunes como en cada una de las viviendas. El sistema de control de consumos se centraliza en una EGX300 y 12 centrales de medida PM700 que supervisan la producción del clima Daikin, el cuadro de calderas, las zonas comunes, el parking, los ascensores, microgeneración y total de la generación de clima.

RESULTADOS

Gracias a las soluciones de domótica y eficiencia energética desarrolladas en el edificio de pisos, las 42 viviendas de L'Hospitalet de Llobregat cuentan con las mayores prestaciones de confort y seguridad de los inmuebles mejor equipados, con un consumo de 4,52KgCO₂/m² año un 24% del consumo del edificio de referencia.

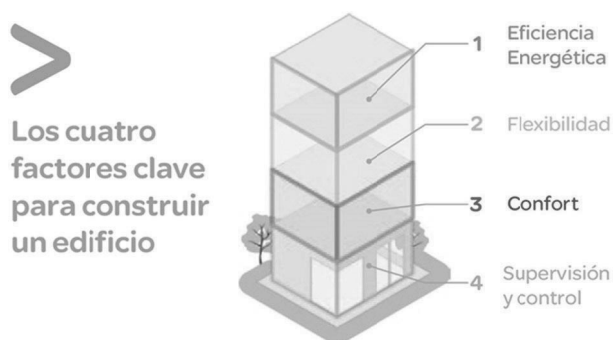


Figura 3: Factores clave para construir un edificio.

Gracias a todos los sistemas domóticos, el edificio maximiza el ahorro energético, alcanzando un ahorro del 20 gracias a los sistemas de control y un 10% gracias a los sistemas de supervisión, del consumo energético real.

HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS ENERGÉTICOS

Manuel Villa Arrieta, Ph.D Student, UPC

Miguel Cruz Zambrano, Enginyer de Projectes, IREC

Jaume Salom, Group Leader d'Energia Tèrmica i Edificació, IREC

Andreas Sumper, Group Leader de Xarxes Elèctriques, IREC

Resumen: Se presenta en esta comunicación una herramienta de evaluación económica de proyectos energéticos que funciona integrada al software de simulación dinámica de sistemas energéticos TRNSYS. Su metodología de cálculo ha sido adaptada de la metodología Energy Performance of Buildings Directive (EPBD), para evaluar de forma conjunta las condiciones técnicas y económicas que afectan el desempeño de las soluciones (instalaciones energéticas) consideradas en los proyectos energéticos. La Herramienta permite identificar la mejor alternativa de inversión, desde los enfoques energético, económico o financiero, dentro de los proyectos cuyo objetivo sea la generación de energía para su comercialización, y de los que busquen la disminución del consumo energético, como los proyectos de consumo energético casi nulo de edificaciones (nZEB).

Palabras Claves: EPBD, nZEB, TRNSYS

INTRODUCCIÓN

Algunas de las limitaciones que tienen los estudios de la viabilidad de proyectos energéticos, están relacionadas con la no inclusión de la evaluación económica dentro de las simulaciones que analizan técnicamente el comportamiento de los sistemas/instalaciones energéticas consideradas como solución en estos proyectos. El procedimiento regular seguido en estas metodologías es realizar una evaluación técnica, modelada o no, del grado de afectación del comportamiento de las variables técnicas y meteorológicas en la generación o el consumo energético. Para luego, a partir de sus resultados, realizar la evaluación económica. Desvinculando así, el nexo dinámico existente entre estas variables técnicas y las variables económicas y financieras.

De igual forma, otra de las limitaciones de estos estudios, es la diferencia en la terminología de los indicadores que se calculan en los proyectos de generación de energía para su comercialización y en los proyectos de disminución del consumo energético.

Debido a esto, la estandarización de una metodología de evaluación dinámica de proyectos energéticos, que presente una solución a estas limitaciones, toma una marcada importancia. Debido a que en ésta, se estaría tomando en consideración el efecto por ejemplo, de la evolución de los precios de la energía y de la tecnología de transformación de energía, en la rentabilidad de la inversión de proyectos de esta índole.

PROYECTO DE CREACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN ECONOMICA DE PROYECTOS ENERGÉTICOS

El proyecto de creación de la Herramienta se hizo en el Instituto de Investigación en Energía de Cataluña IREC, como trabajo final del Máster de Ingeniería en energía de la Universidad Politécnica de Cataluña y la Universidad de Barcelona, realizado por el autor de esta comunicación.

El planteamiento general de una herramienta de evaluación económica integrada a un software de simulación energética avanzada, fue hecho en el documento interno del IREC: Metodología interna para la presentación de estudios de viabilidad de proyectos energéticos (Santandreu, 2010).

El objetivo del proyecto fue la creación de una herramienta de aplicación general a los diferentes tipos de proyectos energéticos existentes, que funcionara integrada a un software de simulación dinámica, para evaluar conjuntamente las variables técnicas y económicas que afectan el desempeño de las instalaciones energéticas configuradas como solución en los proyectos. Su proceso se llevó a cabo con las siguientes actividades:

- Revisión de metodologías de evaluación económica y el análisis del cálculo de sus indicadores; y paralelo a esto, el análisis del funcionamiento de TRNSYS.
- Planteamiento de los problemas existentes en estas metodologías.
- Diseñar la metodología de cálculo de la Herramienta.
- Validar la metodología y el funcionamiento de la Herramienta.

MATERIAL Y METODOS

A continuación se hace una descripción de la base metodológica utilizada y de TRNSYS, el software al cual se integró.

Base metodológica utilizada

La metodología de cálculo de la Herramienta fue diseñada en base a la metodología de evaluación de sistemas energéticos de edificios: Energy Performance of Buildings Directive (EPBD), propuesta en la Directiva Europea 2010/31/UE, que tiene como objetivo establecer requisitos en relación con el marco común general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios (Parlamento Europeo y Consejo, 2010). Esta metodología propone el no favorecimiento de ninguna tecnología de transformación de energía en detrimento de otra y el permitir incluir en los costes energéticos, los costes por emisiones de CO₂.

El procedimiento de cálculo económico de la EPBD es un análisis de los costes previstos durante el tiempo de vida de los sistemas energéticos, que comprende: El cálculo del Coste Global como valor actual de los costes (CEN, 2007); y el Coste-Óptimo, que clasifica el Coste Global obtenido en cada una de las alternativas evaluadas, en función de la energía primaria que consumen (Comisión Europea, 2012). Sobre éste procedimiento de cálculo se adaptó el de indicadores de tipología económica y financiera para el análisis de las inversiones en tecnologías de eficiencia energética y energías renovable (Short et. al, 1995); y el Effect-Cost-Index, cuyo objetivo es permitir identificar la mejor solución económica y medioambiental, de forma conjunta, dentro soluciones favorables dentro de los proyectos energéticos (Henning & Wiemken, 2011).

Descripción general de TRNSYS

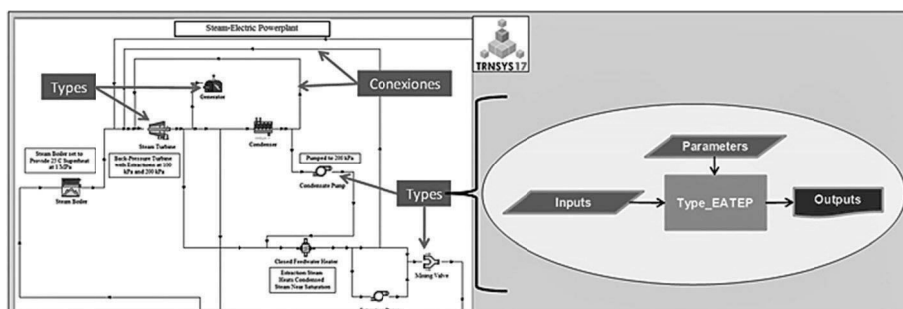


Figura 1. Instalación energética en TRNSYS y funcionamiento de Types (TESS, 2010).

TRNSYS (sigla en inglés de Transient System Simulation Tool) es un entorno completo y extensible para la simulación transitoria de sistemas, utilizado para simular sistemas energéticos en edificios y sistemas de energías alternativas (eólica, solar, fotovoltaica, sistemas de hidrógeno, etc.), que está basado en una

arquitectura DLL para permitir adicionar y personalizar subrutinas llamadas Types (Manual TRNSYS 17, 2012).

El funcionamiento de los Types es comparable al de una “caja negra” que se alimenta de variables denominadas Inputs y Parameters para entregar Outputs. Durante el periodo de tiempo simulado, los Inputs varían y los Parameters permanecen constantes. Los Outputs son el resultado de las operaciones entre las variables, que, mediante Conexiones, pueden alimentar como Inputs a otros Types (Figura 1).

RESULTADOS

El resultado del proyecto fue una herramienta llamada EATEP (sigla en inglés de Economic Assessment Tool of Energy Projects), que permite identificar la mejor alternativa de inversión planteada dentro de un proyecto energético mediante:

- La capacidad de integrar la evaluación económica a la evaluación técnica, en la simulación de las instalaciones energéticas planteadas como solución en los proyectos energéticos.
- Una única metodología de cálculo aplicable a la evaluación de dos tipos de proyectos energéticos: 1) los que tengan como objetivo la generación o distribución de energía para su comercialización, denominados EGP (Energy Generation Projects), como proyectos de energías renovables y/o no renovables, estaciones de carga de vehículos eléctricos, etc. Y 2) los que tengan como objetivo la disminución del consumo energético, denominados EEP (Energy Efficiency Projects), como eficiencia energética en sistemas de transporte, industria y proyectos de consumo energético casi nulo en edificaciones (nZEB).
- La posibilidad de calcular una serie de indicadores de diferentes tipologías, y tres esquemas de comparación de soluciones que permiten identificar la mejor alternativa de inversión desde los puntos de vista económico, financiero, energético y medioambiental.

Metodología de cálculo diseñada

La metodología de cálculo de la EATEP se basa en la determinación del desempeño económico (cálculo del valor actual de los flujos de caja esperados en cada uno de los años de un periodo de cálculo) del desempeño técnico (datos energéticos esperados a obtener en el periodo de cálculo, calculados a partir de la simulación de un Año Modelo) evaluado en las instalaciones energéticas configuradas en TRNSYS. A partir de esto, la metodología de la Herramienta permite:

- La aplicación de la EPBD en la evaluación económica de Proyectos de Eficiencia Energética (EEP), mediante la simulación dinámica de los consumos energéticos de las edificaciones y la cantidad de energía que pudieran exportar.
- El cálculo del Coste Global en la evaluación económica de Proyectos de Generación Energética (EGP), y el cálculo del indicador Ingreso Global como valor actual de los ingresos percibidos por la venta de energía en este tipo de proyectos, diseñado en base al Coste Global.
- El cálculo del Esquema de comparación Beneficio-Óptimo, que permite identificar el nivel óptimo de beneficios económicos en la evaluación de Proyectos de Generación Energética. Este esquema es propuesto en este proyecto, y ha sido diseñado en base al Coste-Óptimo de la EPBD, que es utilizado en la evaluación de EEP.
- El cálculo de indicadores económicos, financieros y energéticos a partir del cálculo de los indicadores Coste Global e Ingreso Global.
- El cálculo de un Esquema de comparación de soluciones de los EEP que clasifica la relación entre los ahorros económicos y los ahorros energéticos; y de las soluciones en los EGP, que clasifica la relación entre la diferencia entre Ingresos y Costes con los beneficio energéticos.
- El cálculo de un Esquema de comparación de soluciones de los EEP que clasifica la relación entre los ahorros económicos y las emisiones de CO2 evitadas por la energía ahorrada; y de la

soluciones de los EGP, que clasifica la relación entre el beneficio económico y las emisiones de CO2 generadas por la energía exportada.

- El cálculo de un Esquema de comparación llamado Effect-Cost-Index en la evaluación de EEP y Effect-Benefit-Index en la evaluación de EGP, que se sirve para identificar la mejor solución, económica y medioambiental, entre soluciones favorables.

Esta metodología, evalúa como elementos de las instalaciones energéticas a la Energía y a los Componentes que las configuran. Estos se describen a continuación:

Energía

La Energía agrupa los datos energéticos contabilizados de la energía consumida y/o exportada de cualquier vector energético considerado (carburantes, combustibles, hidrógeno, electricidad consumida de la red, electricidad fotovoltaica, energía térmica, etc.). A partir de los cuales, es factible calcular las emisiones de CO2 y su equivalencia en términos de energía primaria.

Así mismo, a partir de los datos energéticos y en la evaluación tanto de EEP como de EGP (a excepción de los costes energéticos negativos que solo se calculan en los EEP, y los Ingresos que solo se calculan en los EGP), es factible calcular los siguientes flujos de caja:

- Costes energéticos que comprenden los costes futuros incurridos por el consumo energético, y los costes negativos futuros incurridos por los ingresos percibidos por la exportación de energía.
- Costes medioambientales incurridos por las emisiones de CO2.
- Valores (positivos o negativos) adicionales a los costes energéticos, calculados a partir de los datos energéticos de la energía consumida y/o exportada.
- Valores (positivos o negativos) adicionales contabilizados a los costes energéticos.
- Ingresos percibidos por la venta de energía.
- Ingresos percibidos por la venta de derechos de emisión de CO2.

Componentes

Son medidas utilizadas para cumplir el requerimiento energético de las instalaciones. Pueden ser la edificación en la cual funcione la instalación energética, cualquier equipo o sistema de transformación, almacenamiento o distribución de energía, medida de eficiencia energética; o cualquier otro valor económico extra que afecte a un grupo de Componentes y no a uno en particular, como subvenciones o cargos extra a la inversión de instalaciones energéticas, etc. En cada Componente es factible evaluar el valor actual de los siguientes flujos de caja:

- Costes iniciales (año cero del periodo de cálculo) incurridos en su compra.
- Costes periódicos (cualquier año del periodo de cálculo) incurridos por su sustitución.
- Valor residual, contabilizado como el coste negativo en el último año del periodo de cálculo.
- Costes de funcionamiento contabilizados en cada año del periodo de cálculo (mano de obra o mantenimiento).
- Costes adicionales a los costes de funcionamiento.

Indicadores y Esquemas de comparación

Los resultados factibles de obtener con la Herramienta están divididos en el cálculo de Indicadores y Esquemas de comparación, y varían de acuerdo al tipo de proyecto evaluado. Las Imagen 2 los presenta.

Indicadores		Unidad
1	Global Economic Benefit	\$
1	Global Income (EGP)	\$
2	Global Energy Income (EGP)	\$
3	Global Income by Sale of CO ₂ Emission Credits (EGP)	\$
5	Global Cost	\$
7	Global Investment Cost	\$
11	Global Energy Cost	\$
16	Global Running Cost	\$
26	Global Energy Benefit	MWh, MWh_PE
22	Global Energy Consumed	MWh, MWh_PE
24	Global Energy Exported	MWh, MWh_PE
27	Global Environmental Benefit	tonCO ₂
25	Global CO ₂ Emitted	tonCO ₂
29	Global Cost of Global Energetic Benefit	€/MWh_PE
30	Global Cost of Global Environmental Benefit	€/tonCO ₂
31	Global Economic Benefit-to-Global Cost Ratio	%
32	Global Economic Benefit-to-Global Energetic Benefit Ratio [BGEE]	€/kWh_PE
33	Global Economic Benefit-to-Global Environmental Benefit Ratio [BGEV]	€/tonCO ₂
Esquemas de comparación		Unidad
1	Comparative Ranking	Ranking of BGEE Ratio
		Ranking of BGEV Ratio
2	Economic Optimum	EEP: Cost-Optimal
		EGP: Benefit-Optimal
3	Effect-Index	EEP: Effect-Cost-Index
		EGP: Effect-Benefit(EGP)-Index

Figura 2. Indicadores y Esquemas de comparación de la EATEP.

Secuencia de la metodología de cálculo

La evaluación conjunta de los desempeños técnico y económico se realiza mediante dos procedimientos principales: la evaluación horaria de un Año Modelo, y la evaluación anual de un periodo de evaluación económica, cuyos cálculos se realizan a partir de los resultados acumulados del Año Modelo, mediante el uso de factores de evolución.

Funcionamiento de la Herramienta

LA EATEP funciona dividida en dos partes que realizan cada una, una fase de la evaluación económica.

Para el cálculo de los Indicadores (primera fase de la evaluación) se han desarrollado dos Types en TRNSYS: El Type_EATEP_EEP y el Type_EATEP_EGP, el primero para la evaluación de Proyectos de Eficiencia Energética y el segundo para la evaluación de Proyectos de Generación de Energía para su comercialización. Los Types entregan resultados anuales de la Energía (Electricidad y Gas natural como vectores energéticos predefinidos y 7 vectores energéticos más que pueden ser incluidos) y de 10 Componentes.

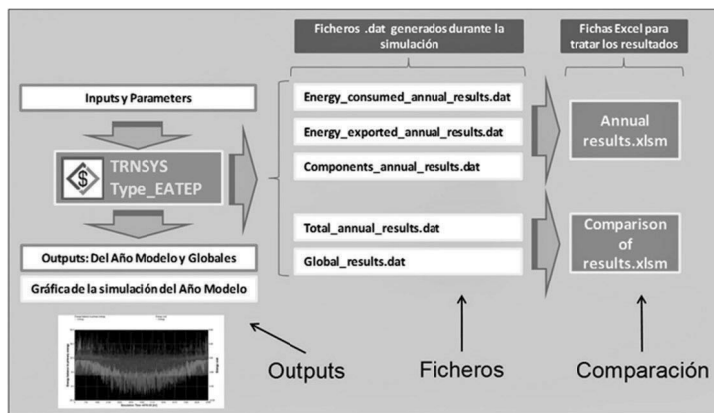


Figura 3. Organización de los resultados que entrega la EATEP.

Para el cálculo de los Esquemas de comparación (segunda fase de la evaluación) y almacenar los resultados, la EATEP funciona con dos fichas Excel.

La secuencia de resultados que se pueden obtener con la Herramienta se presenta en la Figura 3.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El producto obtenido, la EATEP, fue validada tanto en su funcionamiento como en su metodología de cálculo, con la reproducción de los proyectos energéticos: Ejemplo 1 de la Norma EN 15459:2007 presentado en su Anexo E, y el proyecto presentado en el artículo “Sustainability assessment of nearly zero energy renovation of dwellings based on energy, economy and home quality indicator” (B. Risholt et. al, 2013).

Con la integración a TRNSYS de la metodología diseñada, se aprovechan las siguientes características de este software:

- La posibilidad de evaluar dinámicamente cualquier sistema energético térmico y/o eléctrico.
- La posibilidad de optimizar las variables técnicas de los sistemas energéticos, en función de variables económicas, y viceversa.
- La posibilidad de integrar TRNSYS con otros software como Sketchup, MatLab y otros.

RECONOCIMIENTOS

Al IREC por permitir llevar a cabo este proyecto, y a sus funcionarios: Joana Ortiz por su apoyo con TRNSYS, Jaume Salom por su ayuda y revisión del proyecto, Andreas Sumper por la revisión del proyecto y en especial a Miquel Cruz por su constante asesoramiento y apoyo.

Y a la Fundación para la Sostenibilidad Energética y Ambiental FUNSEAM, por su apoyo a la continuación de este proyecto, el cual intenta ampliar la capacidad de la Herramienta y permitir la evaluación de la Sostenibilidad de sistemas energéticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEN -Comité Europeo de Normalización-, 2007. Norma Europea EN 15459-2007 *Eficiencia energética de los edificios. Procedimiento de evaluación económica de los sistemas energéticos de los edificios*. AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación, Madrid.

Comisión Europea, 2012. Reglamento Delegado (UE) N° 244/2012 de la Comisión de 16 de enero de 2012. Diario Oficial de la Unión Europea, págs. 18-36.

Henning, H., & Wiemken, E., 2011. *Appropriate solutions using solar energy - basic comparison of solar thermal and photovoltaic approaches*. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Freiburg.

Manual TRNSYS 17 Volume 1 Getting Started, 2012. *SEL – Solar Energy Laboratory*, Univ. of Wisconsin-Madison; *TRANSOLAR Energietechnik GmbH*; *CSTB – Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*; *TESS – Thermal Energy Systems Specialists*.

Parlamento Europeo y Consejo, 2010. Directiva 2010/31/UE del Parlamento y del Consejo de 19 de mayo de 2010. Diario Oficial de la Unión Europea, págs. 13-35.

Risholta, B., Timeb, B. & Grete, *Sustainability assessment of nearly zero energy renovation of dwellings based on energy, economy and home quality indicator*. *Energy and Buildings* 60 (2013). Pag. 217-224

Santandreu, A., 2010. *Metodologia interna per la realització d'estudis de viabilitat de projectes energètics*. IREC - Institut de Recerca en Energia de Catalunya, Barcelona.

Short, W., Packey, D. J., & Holt, T., 1995. *A Manual for the Economic Evaluation of Energy Efficiency and Renewable Energy Technologies*. NREL - National Renewable Energy Laboratory, Golden. Golden.

TESS, 2010. Ejemplo TRNSYS Studio Project: Steam-Electric Powerplant.TPF.

GEOTERMIA + VENTILACIÓN CON RECUPERACIÓN DE CALOR PARA BLOQUE DE 80 VIVIENDAS EN MADRID

Germán Almendariz, Responsable de Prescripción, Vaillant

Resumen: Se trata de un proyecto de construcción sostenible y eficiencia energética, con hasta un 80% de ahorro en el consumo energético, frente a soluciones tradicionales. Vaillant colabora en el proyecto "Edificio Arroyo Bodonal" con sus bombas de calor geotérmicas que climatizarán las 80 viviendas que la cooperativa Arroyo Bodonal construye en Tres Cantos (Madrid) e integrando en el sistema sus equipos de ventilación con recuperación de calor. En el proyecto, pionero en España por su ahorro y eficiencia energética, se han realizado 47 perforaciones de 137 metros y se van a instalar un total de 445kW para calefacción, ACS y refrigeración. El edificio contará con calificación energética A y está previsto que reciba asimismo la calificación energética del sistema internacional LEED.

Palabras Claves: Ahorro, Bomba de Calor, Calificación Energética A, Climatización Eficiente, Construcción Sostenible, Cooperativa Viviendas, Eficiencia Energética, Geotermia, Ventilación

INTRODUCCIÓN

Ubicada en la localidad madrileña de Tres Cantos, frente al nuevo Parque Norte y un área de Monte preservado, las 80 viviendas promovidas por la cooperativa Arroyo Bodonal se levantan sobre una superficie original de 8.017,72 m², siendo la superficie total construida de 9.260,58 m². La promoción, de acuerdo con la regulación urbanística municipal, está compuesta por 80 viviendas de 4, 3, 2 y 1 dormitorios, 71 de las cuáles son libre y 9 VPB de 1 dormitorio. Se completa el área con ocho locales comerciales independiente.



Figura 1. Viviendas de la cooperativa Arroyo Bodonal.

EL PROYECTO

Esta promoción constituye una obra emblemática a nivel regional, nacional y europeo en el ámbito de la edificación residencial, tanto por las características constructivas, la eficiencia energética, la orientación ecológica de sus instalaciones como por la potencia geotérmica requerida.

En lo que a **arquitectura** se refiere, se ha tenido en cuenta:

- Aprovechamiento de la Ordenanza Bioclimática.
- Realización de Estudio de Detalle.
- Situación de bloques.

- Entrada de Garaje y Peatonal.
- Locales independientes.
- Trasteros amplios.
- Espacios verdes.



Figura 2. Piscina Cooperativa Arroyo Bodonal.

La orientación sur-sureste del edificio permite un mejor aprovechamiento de la luz solar; las terrazas están dimensionadas para actuar de parasol en verano sin impedir la entrada de sol en invierno, siendo por su ancho ampliamente utilizables; el envoltente del edificio se ha planteado lo más aislante posible, con fachada ventilada de piedra natural y ladrillo macizo con doble aislamiento térmico.



Figura 3. Construcción del edificio.

En cuanto al sistema de climatización, el proyecto incluye el uso y control de energías renovables, como la **geotermia y la ventilación con recuperación de calor**, para la climatización y calefacción de las viviendas, lo que supone un ahorro energético anual previsto entre el 70-80% y próximo al medio millón de kWhora/año.

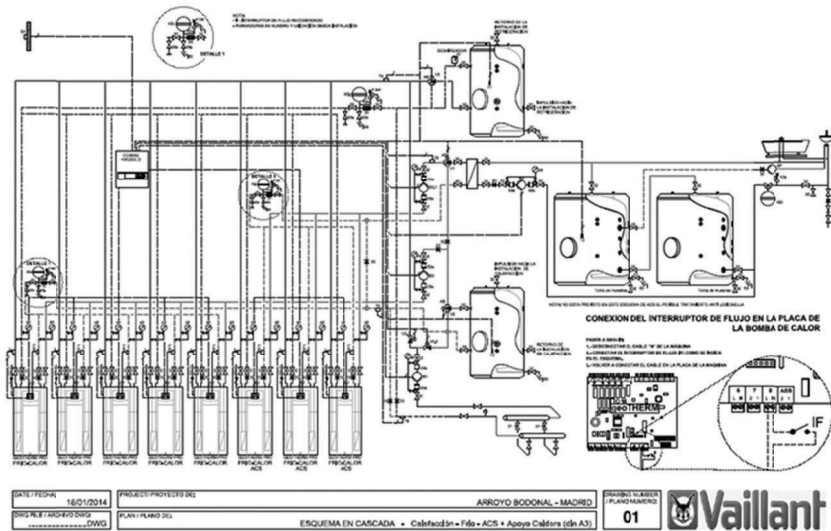


Figura 4. Esquema en cascada de Vaillant.

Las bombas de calor geotérmicas Vaillant, instaladas en cascadas, proporcionarán calefacción, agua caliente y refrigeración a las viviendas. En total se instalarán más de 445 kW de potencia eléctrica.

Se han realizado 47 perforaciones de 137 metros, lo que supone aproximadamente 6500 ml de perforación. Todas las perforaciones se sitúan debajo de la huella de la edificación. Existen 4 arquetas centralizadoras que unifican las 47 perforaciones mediante 2.500 m de tubo PEX de conexión horizontal. El campo de captación está bajo la losa del edificio.

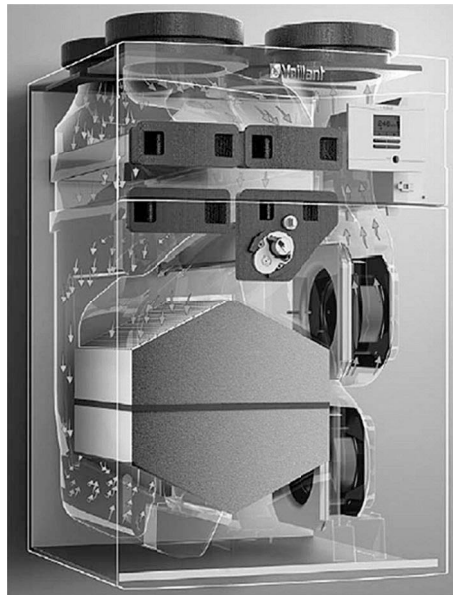


Figura 5. Central de ventilación.

- La instalación trabaja con 5 máquinas generando frío/calor y 3 máquinas generando frío/calor y ACS con prioridad de ACS.
- El software de control desarrollado permite trabajar con sistema geotérmico en generación a 4 tubos.
- De esta forma, se almacena el frío y el calor generado en dos depósitos inerciales de 2.000 l. cada uno circulando dicho fluido según necesidad.
- La acumulación de ACS es de 8000 litros.

En cuanto a la **ventilación con recuperación de calor**, el control de las ventilaciones se realiza mediante sistema independiente y automatizado recoVAIR de Vaillant.

Cada vivienda se regula automáticamente el flujo de aire y renovaciones que necesita, dispone de filtro F7 o F9 (opcional).

La central de ventilación dispone de intercambiador de calor que extrae el calor del aire que se expulsa y lo transfiere al aire que entra, reduciendo un valor de 85 – 90 % las pérdidas de calor por ventilación. Ello implica:

- Gran ahorro energético.
- Reducción de la potencia de generación.
- Reducción de metros de perforación.
- Posibilidad de Free-cooling.

RESULTADO



Figura 6. Construcción del edificio.

Se consigue un edificio que ha obtenido la calificación energética A y está previsto que reciba asimismo la calificación energética del sistema internacional LEED y cuyo ahorro anual de energía se estima en 481.862 kwh.

Además, se obtiene:

- Aprovechamiento de los recursos sostenibles mediante energía geotérmica.
- Uso de la orientación solar en la Arquitectura para aprovechamiento del sol.
- Edificio respetuoso con el medio ambiente y eficiente energéticamente.

INTEGRACIÓN DE GEOTERMIA POR AIRE Y GEOTERMIA POR AGUA EN UN EDIFICIO DE OFICINAS DE TARRAGONA CON FORJADO RADIANTE

Elisabet Palomo, Consultora de proyectos, Industrias REHAU
Joan Cubedo, Ingeniero Product Manager, Industrias REHAU

Resumen: Descripción de un caso práctico de un edificio de oficinas en Tarragona, con integración de diferentes sistemas de geotermia por agua y aire combinado con un sistema de forjado radiante para calefacción y refrescamiento.

Palabras Claves: Awadukt Thermo, Forjado Radiante, Geotermia

INTRODUCCIÓN

A continuación presentamos el caso práctico de un edificio sostenible en Tarragona.

Los arquitectos Coque Claret y Daniel Calatayud propusieron hacer un edificio sostenible para la empresa Swartz-Hautmont dedicada a construcciones metálicas.

La eficiencia energética comienza en la propia piel del edificio con unos materiales aislantes a base de fibra de carbono que recubren todo el edificio.

Para el sistema de producción de energía se pensó en un doble sistema de geotermia que combinara un conjunto de sondas de geotermia que van a un colector de distribución y de aquí a una Bomba de calor geotérmica situada en el cuarto de instalaciones. La bomba de calor se encarga de calentar los forjados radiantes en invierno y de refrescarlos en verano. Por otro lado se diseñó un sistema de geotermia por aire llamada intercambiador aire-tierra Awadukt thermo para tratar el aire de renovación del hall del edificio consiguiendo de esta forma un atemperamiento del aire durante todo el año del volumen de renovación más elevado del edificio. Sistema geotérmico por agua (con el sistema de distribución por superficie radiante).

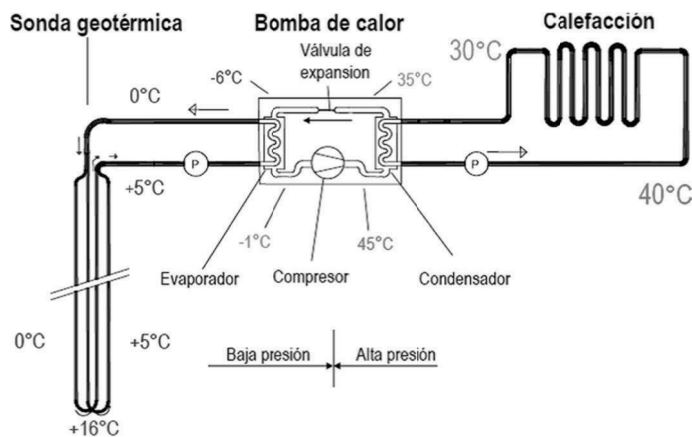


Figura 1. Esquema de principio de una instalación de geotermia: Sistema de captación y de distribución de energía por superficie radiante. Fuente REHAU.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA GEOTERMIA

Cuanto más profundo sea el sistema mejor rendimiento obtendremos del sistema de captación dado que la temperatura del terreno es más estable independientemente de la época del año en que nos encontremos.

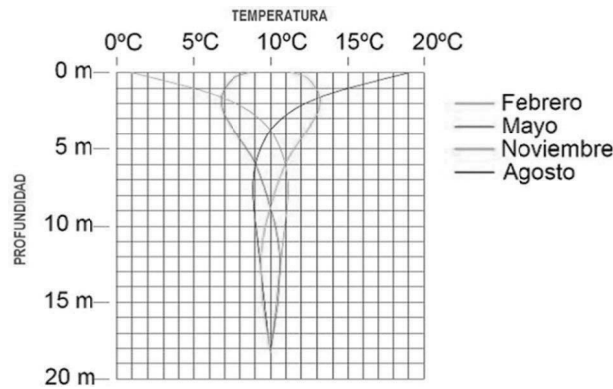


Figura 2. Profundad; temperatura.

Funcionamiento de una Bomba de calor en modo calor.

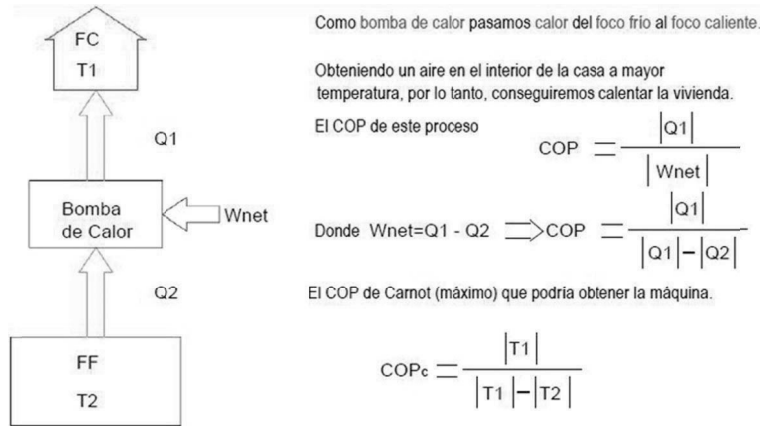


Figura 3. Esquema de funcionamiento de una bomba de calor.

Esquema de funcionamiento de una bomba de calor en modo frío.

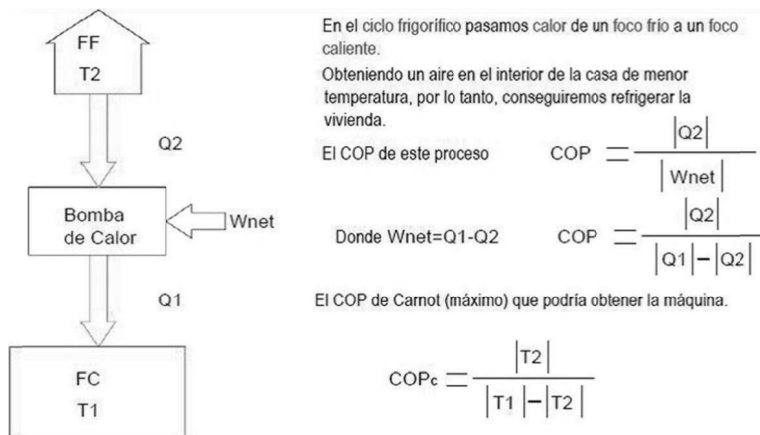


Figura 4. Esquema de funcionamiento de una máquina frigorífica.

Existen diferentes soluciones para captar energía del terreno por medio de geotermia por agua, en este caso en concreto para este edificio de oficinas los arquitectos eligieron el sistema de sondas verticales.

Ejemplo de dimensionado de una instalación de geotermia (cuántos pozos son necesarios):

Procedimiento para sistemas de menos de 30 kW.

Consultar siempre con el fabricante de bombas de calor.

Ejemplo:

Potencia de calefacción: 12 kW (12,000 W)

COP: 4

$$\text{Potencia del evaporador} = \frac{\text{Potencia de calefacción} \times (\text{COP} - 1)}{\text{COP}}$$

$$\text{Potencia del evaporador} = \frac{12,000 \text{ W} \times (4 - 1)}{4}$$

$$\text{Potencia del evaporador} = 9,000 \text{ W}$$

Figura 5. Procedimiento para sistemas de menos de 30 kW.

Procedimiento para sistemas pequeños menores de 30 kW

Ejemplo:

Potencia de la bomba: 9 kW (9000 W)

Horas de operación: 2400 h/a

Substrato húmedo: >> potencia de extracción 50 W/m

$$\text{Longitud de sonda requerida} = \frac{\text{Potencia del evaporador}}{\text{Potencia extraída}}$$

$$\text{Longitud de sonda requerida} = \frac{9000 \text{ W}}{50 \text{ W/m}}$$

$$\text{Longitud de la sonda requerida} = 180 \text{ m}$$

(2 sondas de 90 m)

Figura 6. Procedimiento para sistemas pequeños menores de 30 kW.

Material elegido para las sondas de geotermia. Sonda PE-Xa sin soldadura. Durabilidad de la sonda en función de la temperatura del fluido de trabajo.

Para este proyecto se optó por sondas de material Polietileno reticulado por peróxido sin soldadura en la punta, al ser un material de alta durabilidad a fisuras asegurando de esta forma una larga vida útil al pozo de geotermia. El dimensionado de los pozos y por tanto de la longitud de las sondas se hizo una vez conocida la demanda energética del edificio y el tipo de terreno.

Sistema geotérmico por aire: Intercambiador aire-tierra Awadukt thermo

Para el tratamiento del aire de renovación de la zona del Hall de las oficinas (de gran volumen) se pensó en un intercambiador aire-tierra Awadukt thermo antimicrobiano.

Comparada con la ventilación convencional controlada puede aportar un ahorro energético con mejores condiciones de aire y menor contaminación acústica.

Características del sistema Awadukt thermo:

- Capa interna antimicrobiana: Suministro de aire fresco higiénico y libre de patógenos
- Elevada conductividad térmica gracias al PP optimizado: Mejor transferencia térmica entre el subsuelo y el aire aspirado
- Elevada resistencia y rigidez longitudinal gracias al PP: Protección contra las agresiones externos y nula acumulación de los condensados.
- Sistema impermeable al radón: No puede penetrar radón al sistema
- Variado programa de fittings: Configuración personalizada



Figura 7. Intercambiador aire-tierra Awadukt thermo antimicrobiano.

Con arreglo a la instrucción VDI 6022 Hoja 1 el aire transportado es considerado un nutriente.

La formulación antimicrobiana del polímero, exclusiva y patentada, con la que está fabricado Awadukt Thermo previene la propagación de los agentes patógenos sobre la cara interna de los tubos. El efecto antimicrobiano se debe a la integración de partículas de plata en el material.

Monitorización real del sistema

Para este proyecto se realizaron varias monitorizaciones en distintas épocas del año consiguiendo unos resultados muy buenos con saltos térmicos de hasta 14°C en el mes de mayo que no es necesariamente la época del año más calurosa.

RESULTADOS REALES OBTENIDOS

Resultados del 23-5-11 12:15h hasta 26-5-11 23:45h

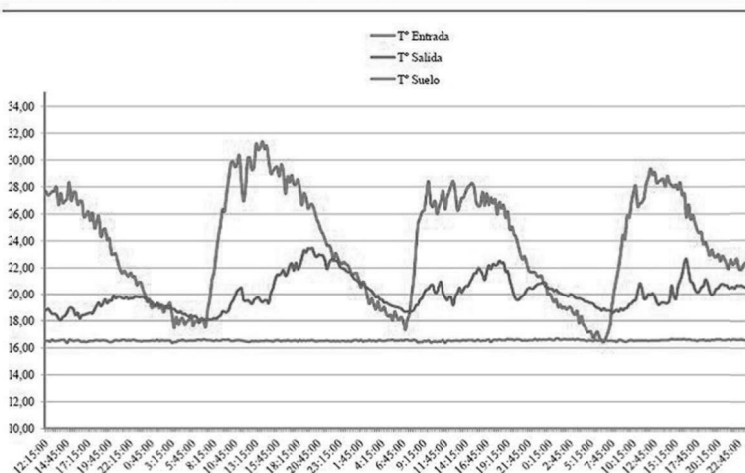


Figura 8. Resultados reales obtenidos.

En España, por ejemplo en clima continental se pueden alcanzar saltos térmicos de 17-18°C en verano y de 12°C en invierno lo cual se traduce en una energía gratuita kWh/a pudiendo servir en verano como

sistema de refrescamiento pasivo. En invierno unido a un ventilador con recuperador de calor conseguimos una alta eficiencia energética y permite reducir el tamaño de los equipos de tratamiento de aire.

Ejemplo de dimensionado de un intercambiador aire-tierra Awadukt thermo:

- Elegiremos una u otra configuración (sistema parrilla o sistema anillo en función del aire a renovar).
- A partir de 350m³/h necesitaremos un sistema de parrilla.
- Por ejemplo si tenemos que hacer un proyecto con una demanda de ventilación de 7.500m³/h necesitaremos una parrilla de 7500 /750= 10 salidas.
- Es decir, las tuberías serán DN 350 y necesitaremos un campo de 10 m de ancho (la separación entre tuberías es de 1m) con una longitud de entre 50 y 60 m (a la velocidad de paso del aire en estos sistemas, entre 1 y 3 m/s es la longitud óptima de las mismas). El espacio ocupado será de 50*10=500m² de superficie.
- Dicha superficie ocupada por el intercambiador aire-tierra puede ir en parcela anexa al edificio o bien bajo el mismo (con la premisa de que en este caso la técnica constructiva debe ser por medio de losa de cimentación para que se tenga un reparto homogéneo de cargas en todas las tuberías).

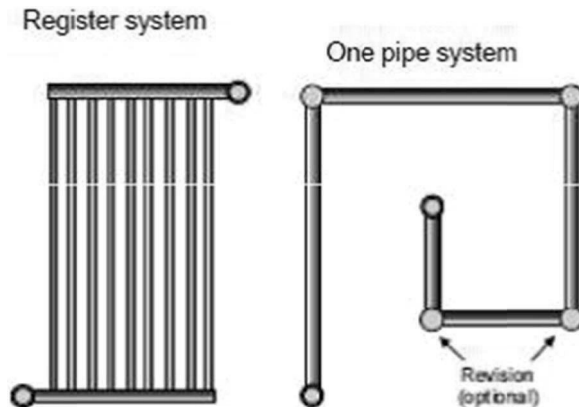


Figura 9. Sistema de registro.

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN Y REFRESCAMIENTO

El sistema de distribución de energía consistió en un sistema de "forjado radiante" que permite trabajar a unas temperaturas del fluido caloportador incluso más moderadas que en un suelo radiante, mejorando así el COP de la Bomba de calor geotérmica. En refrescamiento la temperatura del fluido caloportador oscilará aproximadamente entre 17°C y 19°C y en calefacción entre 28°C y 26°C.

Las potencias específicas en un sistema de forjado radiante estándar serían las siguientes:

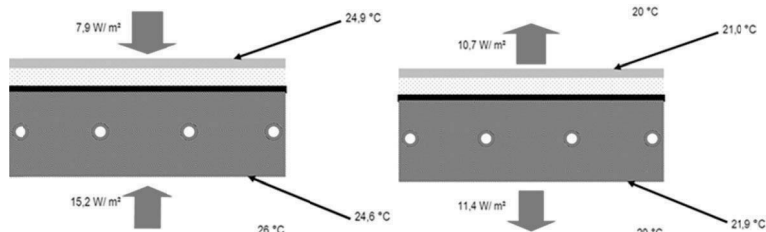


Figura 10. Potencias específicas en un sistema de forjado radiante estándar.

Debido a que en el caso que nos ocupa la carga sensible en verano a disipar es cuantitativamente más elevada que la carga de calefacción, se optó por un forjado colaborante situando los tubos más cercanos al techo. De esta manera se incrementa la superficie de techo y se aumenta la potencia específica de disipación en refrescamiento.



Figura 11. Detalle de un sistema de losa radiante en forjado colaborante.

Las temperaturas superficiales obtenidas en el forjado radiante en modo refrescamiento siempre se mantienen por encima del punto de rocío en condiciones estándar de confort de 24°C o 25°C y 55% HR. El sistema de control dispone de sondas de humedad y temperatura por zonas para determinar el punto de rocío más desfavorable y gestionar la temperatura de impulsión adecuada en el forjado y el control de la humedad relativa interior.

CONCLUSIONES

La influencia del sistema radiante en cuanto a eficiencia energética no solo queda patente en la mejora del COP de la bomba de calor. La temperatura del aire será más alta en verano y más baja en invierno, reduciendo el aporte energético en el tratamiento del aire de renovación. Las temperaturas medias radiantes más altas en invierno y más bajas en verano darán como resultado una temperatura operativa o de confort según RITE, con temperaturas de aire más moderadas.

EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA TEMPERATURA OPERATIVA CON SISTEMAS RADIANTES

$$\text{TEMP.OP} = (\text{TEMP. MEDIA RAD.} + \text{TEMP. AIRE}) / 2.$$

Ejemplo invierno: Temp. Op = 22°C.

Caso 1 (Sistema Radiante) Temp. Media Rad.= 24°C y Temp. Aire = 20°C.

Caso 2 (Sistema por aire) Temp. Media Rad.= 20°C y Temp. Aire = 24°C.

Ejemplo verano: Temp. Op = 24°C.

Caso 1 (Sistema Radiante) Temp. Media Rad.= 22°C y Temp. Aire = 25°C.

Caso 2 (Sistema Por aire) Temp. Media Rad.= 25°C y Temp. Aire = 22°C.

SOLUCIÓN DE BASEN DE MONITORIZACIÓN DE CASAS DE ENERGÍA CERO

Vicente Gil, BaseN

Resumen: En Holanda VolkerWessels ha comenzado la construcción de casas de energía cero en grandes volúmenes. BaseN suministra las herramientas de monitorización para la monitorización y análisis en tiempo real en detalle de estas casas. El propósito de esta monitorización es doble: Ser capaces de probar y garantizar que estas casas no consumen ninguna energía y por ello permitir a VolkerWessels dar garantías legales a sus habitantes, y permitir el análisis de grandes datos (big data) sobre el rendimiento de la bomba de calor, la ventilación equilibrada y el inversor solar y otros equipos en las casas, con el objetivo de maximizar el rendimiento.

Palabras Claves: Big Data, Bomba de Calor, Casas de Energía Cero, Energía Solar, Monitorización

DESCRIPCIÓN DEL CASO

VolkerWessels, la segunda compañía constructora más grande de Holanda, ha decidido cambiar su producción de casas en los próximos años a un 100% de casas de energía cero. Quieren garantizar por contrato y demostrar a los inquilinos y compradores que estas casas verdaderamente no usan ninguna energía. Para ser capaces de hacerlo, es necesario monitorizar. El propósito de la monitorización es:

1. Saber constantemente que las instalaciones en las casas funcionan de forma óptima,
2. Demostrar a los inquilinos/compradores que el consumo real es efectivamente cero y
3. Monitorizar, para VolkerWessels, qué inquilinos/compradores constituyen un riesgo de que o bien las casas no cumplan o bien sus habitantes usen la casa más allá de los acuerdos contractuales.

VolkerWessels construirá estas casas por toda Holanda y posiblemente también en Alemania. El volumen será aproximadamente de 1000 casas al año y cuando el mercado lo permita, hasta 3000 al año.

DESCRIPCIÓN DE LAS CASAS

El diseño de las casas es, visto desde el exterior, típico holandés. Lo que significa casas adosadas, o casas pareadas, con jardín delantero y trasero, 5 habitaciones y 134 m² de superficie útil. El clima holandés tiene inviernos suaves, normalmente con temperaturas que descienden a alrededor de 0°C, con las temperaturas más bajas que alcanzan los -10°C. Este año apenas ha estado por debajo de 0°C. Los veranos son ligeramente calientes, con medias de entre 20-25°C. Cada verano, un par de semanas las temperaturas pueden subir un poco por encima de 30°C.

Las casas se producen en una fábrica y se transportan por piezas al lugar de construcción. Desde una perspectiva técnica, esto permite un control completo de todo el proceso de construcción y un plazo de construcción en el emplazamiento muy corto de 5 semanas.

Con respecto al concepto de energía de estas casas se han adoptado todas las medidas que se pueden tomar. Con un coste extra de aproximadamente 10.000€ estas casas tienen:



Figura 1. Casa holandesa tipo.

- Una fachada exterior muy gruesa con 35 cm de aislamiento, totalmente hermética.
- Triple acristalamiento.
- Una bomba de calor aire-agua.
- Ventilación equilibrada para recuperar la energía del aire de salida.
- Un tejado totalmente formado por células fotovoltaicas.
- Un contador inteligente.

Debido a la gruesa fachada exterior de las casas, los veranos suaves y las noches frescas, realmente no es necesario aire acondicionado para obtener un clima interior confortable en el verano. La unidad de ventilación refresca muy eficientemente el aire interior de las casas.

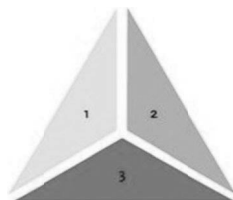


Figura 2. Triada energética.

Desde una perspectiva de energía, se ha usado óptimamente la triada energética:

1. La necesidad de energía se ha reducido drásticamente debido a la capa exterior muy gruesa.
2. La energía que se necesita se usa muy eficientemente debido a la bomba de calor de aire-agua y la ventilación equilibrada
3. Toda la energía que se necesita se genera usando las células fotovoltaicas del tejado

NECESIDADES DE MONITORIZACIÓN

VolkerWessels vende estas casas con garantía. Esta garantía se plantea de manera que las casas, como sistema, no usen ninguna energía externa durante todo el año. Una cierta cantidad de energía se reserva para los aparatos cotidianos que usan las familias, como lavadoras, secadoras, TV, cocinas, etc. Esta última es especialmente conocido que varía mucho de familia en familia. Los estudios muestran diferencias de un factor de 4 entre familias con igual número de componentes. En el contrato de los compradores/inquilinos, VolkerWessels establecerá límites a los usuarios en el uso de las casas. Si usted va más allá de estos, la garantía dejará de existir. Por ejemplo, en Holanda, un ajuste de la temperatura en el salón a 20°C se considera normal. Como inquilino, si usted superase 23°C en su termostato, incumpliría el contrato.

Desde una perspectiva técnica, las bombas de calor y las unidades de ventilación equilibrada necesitan ajustes y un mantenimiento adecuado. El ajuste óptimo incluso puede variar ligeramente con el tiempo, los equipos pueden averiarse y pueden darse otros casos inesperados. Todos ellos ponen en peligro el funcionamiento de las casas y necesitan una acción inmediata. Esto demanda una monitorización de todas las casas producidas y velar porque haya una visión de qué casas funcionan según lo esperado desde una perspectiva de energía y qué habitantes usan las casas fuera de lo acordado por contrato. Hay un servicio de asistencia en el emplazamiento que realizará esta tarea.

Desde una perspectiva del consumidor, mostrar el rendimiento actual y el consumo de energía de las casas ayudará a dar transparencia a sus moradores.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DE BASEN

BaseN es un proveedor internacional de plataformas, con sede en Finlandia. Operamos una plataforma SaaS, totalmente dedicada a medir detectores y equipos, con un conjunto exhaustivo de recogida de datos y servicios de informes. Somos capaces de gestionar grandes cantidades de datos, big data, millones de mediciones por minuto.

En aplicaciones domésticas como este caso de VolkerWessels, hemos instalado un pequeño controlador en cada casa. Cada componente de la instalación está conectado al controlador, en su mayoría por cable. Los protocolos de interfaz varían. Dado que no se han hecho cambios a los componentes de la instalación, la comunicación se hace usando las opciones de interfaz que proporcionan los equipos. A partir de los componentes de la instalación se recoge todo registro: ajustes, variables internas, alarmas, etc.

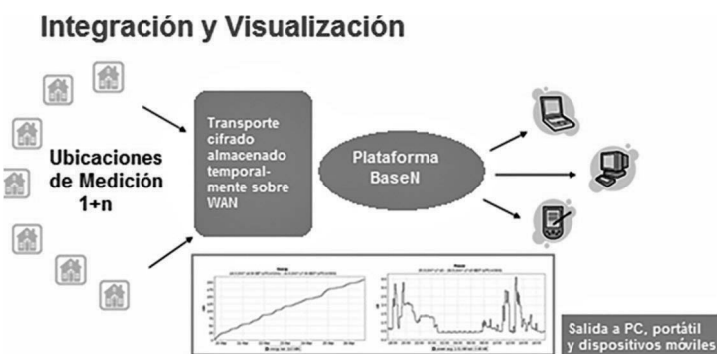


Figura 3. Integración y visualización.

Se añade un conjunto adicional de contadores de energía para reunir información del uso de energía del lavado, secado y cocinado, en la parte superior del uso de los componentes de la instalación y el consumo global dado por el contador inteligente.

A través de ello el controlador reúne alrededor de 200 parámetros cada minuto de cada casa. Con los años, el volumen de datos reunidos aumentará por lo tanto a alrededor de un millón de elementos de datos por minuto para todas las casas que VolkerWessels habrá producido entonces y esté monitorizando.

El controlador comunica con la plataforma de BaseN a través de la conexión de banda ancha de la casa. Cuando se reciben los datos en la plataforma, se puede configurar cualquier visualización, cálculo, alarma y otros procesos en la plataforma. Nunca se pierde ningún dato, todos los datos se almacenan desde el día 1 en adelante. Cualquier cálculo o análisis se puede hacer hacia atrás en el tiempo, permitiendo un análisis de escenarios.

CAPACIDADES DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

Cuando están disponibles todos los datos en la plataforma, se pueden generar portales para los clientes específicos de los datos. Los diferentes portales visualizados ahora son:

- El consumidor, los inquilinos y el propietario de la casa, que están interesados en el consumo de energía de la casa, las temperaturas, el tiempo fuera, el rendimiento de las células fotovoltaicas en el tejado ('¿qué energía produjimos el año pasado? ¿qué hemos hecho mejor este año?'). Así se necesita información general, un subconjunto limitado de los datos, también sólo una forma limitada de análisis, como comparaciones con el consumo de los pasados años. El consumidor puede ver todos estos parámetros a través de su Ipad, tableta, PC o teléfono inteligente. También puede fijar algunos parámetros como los ajustes de la temperatura en la casa.

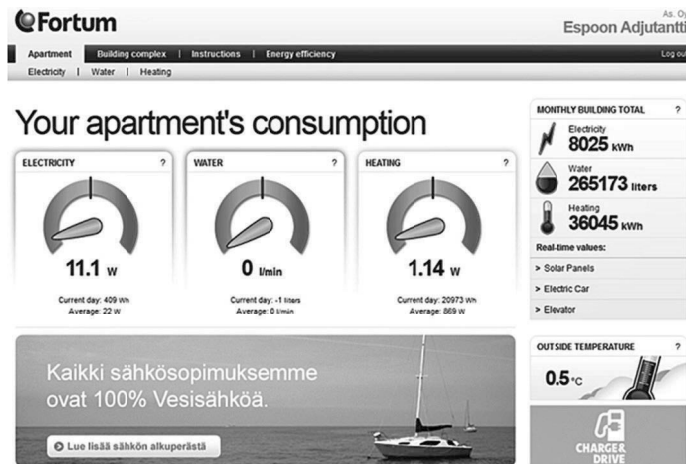


Figura 4. Ejemplo de un proyecto finlandés.

- Un servicio de asistencia con las siguientes funciones:
 - Mantenimiento: La parte responsable del mantenimiento de todos los equipos necesita tener una visión completa del estado de las alarmas y del mantenimiento del equipo. Las alarmas generadas se reenviarán automáticamente a los técnicos adecuados quienes, de camino al cliente, obtendrán todos los datos necesarios sobre la rotura, minimizando el tiempo de inactividad del equipo.
 - Análisis: El análisis en todas las casas se hará de tal forma que el funcionamiento de las casas se compara con otras con la misma instalación. Se comparan estadísticamente las eficiencias de todos los componentes de los equipos en estas casas. Las casas con menor eficiencia, por ejemplo de la bomba de calor se analizan para ver qué ajustes en la misma se pueden mejorar, para aumentar el rendimiento. Todos los ajustes en las instalaciones se pueden cambiar y actualizar por el servicio de asistencia de manera remota. El servicio de asistencia no puede fijar la temperatura de la sala y otros ajustes de usuario, por razones obvias.
- Un portal legal o contractual para la empresa VolkerWessels, donde, en principio, tienen dos elementos a controlar:
 - Cuántas casas no funcionan como se espera, qué se hace al respecto y dónde están estas casas.
 - Cuántos habitantes usan continuamente la casa por encima de los límites establecidos por contrato. ¿Deberíamos hacer algo y qué podemos hacer?, ¿dónde viven estas personas?

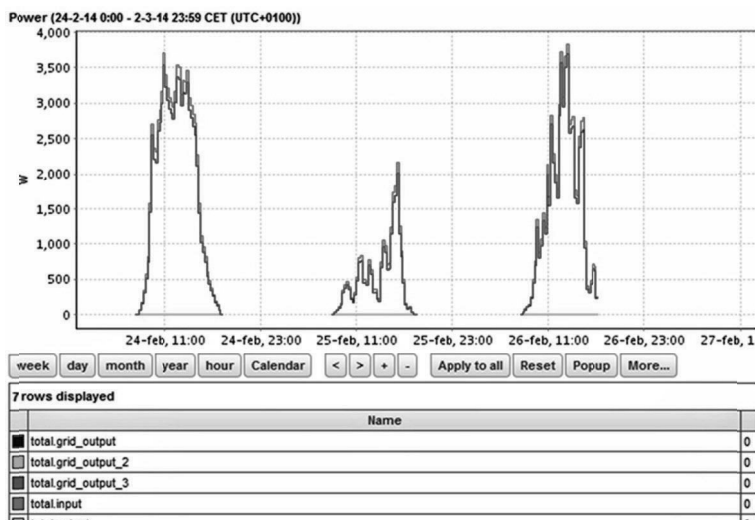


Figura 5. Análisis de los datos.

Estas preguntas son importantes, dado que el riesgo aquí involucrado se puede trasladar directamente a un riesgo financiero en el balance de VolkerWessels. Para facilitar esto, se generan mapas que muestran los estados de todas las casas, dando una visión general de todas las casas monitorizadas de un vistazo rápido y permitiendo descender al detalle detrás los asuntos básicos de una manera rápida. Todas estas vistas generadas y los portales del servicio de asistencia se pueden modificar por VolkerWessels por ellos mismos.

ESTADO ACTUAL Y CONCLUSIÓN

En este momento el primer proyecto de edificación ha finalizado. En todo el 2014 se construirán alrededor de 30-50 casas cada mes y se añadirán al sistema de monitorización. Entre tanto VolkerWessels ha creado un servicio de asistencia. Varios ingenieros jóvenes están siendo formados actualmente para ser capaces de analizar los datos, configurar el servicio de asistencia e implementar la organización de mejoras. En sí mismo esto ya es un reto. En el pasado, las empresas constructoras habían aprendido a trabajar de tal forma que cada una sabía todo de su propio campo. A través de este sistema de monitorización, VolkerWessels se ha dado cuenta que mirar una casa de una manera integral, como un sistema, conducirá a un producto mucho mejor para el cliente. Las formas de mejorar el producto llegan cuando el conocimiento del mismo aumenta. Las formas de analizar el rendimiento entonces se pueden implementar eficazmente, en base a los datos. Los resultados completos y los logros de este planteamiento no se conocerán por completo este año. En la industria, la medición y el control ha sido la forma de lograr una mejora de la calidad con menores costes. En la industria de la vivienda BaseN ha creado las condiciones que permiten a VolkerWessels dar pasos en ese mismo proceso de mejora de calidad, con plena confianza de que los resultados serán iguales a los de la industria.

¿CÓMO PUEDEN REDUCIR LOS SISTEMAS DE CONTROL LA FACTURA ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS?

Jerónima Bermúdez Sánchez, Directora General, Trend Controls

Resumen: Que los edificios lleguen a conseguir que el consumo de energía sea casi nulo significa un buen hacer ya desde la concepción del mismo y durante toda su vida útil. Los Sistemas de Control son los llamados a la gestión de todas las tecnologías y procesos existentes incluso las nuevas que se van descubriendo fruto de los proyectos de I+D+i. El objetivo de la comunicación es dar respuesta a la pregunta que las propiedades se plantean. ¿Cómo pueden reducir los sistemas de control la factura energética de mis edificios? Veremos tres ejemplos de propiedades finales que han encontrado y aplicado la solución obteniendo resultados muy por encima de los esperados: Leroy Merlin, RBS (Royal Bank of Scotland) y Ayuntamiento de Pamplona. Cada una de estas propiedades ha seleccionado, como veremos en el análisis de proyecto, una forma de hacer diferente para conseguir los objetivos.

Palabras Claves: Consumo Energético, Eficiencia Energética, Factura Energética, Gestión, Sistemas de Control

INTRODUCCIÓN

Los mayores éxitos en el objetivo de edificios “cero emisiones” o consumo de energía casi nulo, no vendrán de las nuevas construcciones de edificios de alta eficiencia, debido a la falta de recursos económicos, sino de la mejora continua de los edificios existentes. Las rehabilitaciones de dichos edificios es el campo principal donde debemos actuar con más energía por requerir menor inversión, alta rentabilidad y eficiencia. Los antecedentes de los que partimos respecto a los Sistemas de Control, son que muchos de nuestros edificios están manejados manualmente, o con sistemas obsoletos y pobremente mantenidos, redundando en falta de confort, exceso de gasto y dedicación de recursos donde no se aporta valor añadido.

La mayoría carecen de equipos de medida de consumos que nos permitan evaluar en qué partes se concentra el gasto y la ineficiencia tanto energética como de funcionamiento de instalaciones.

PROYECTOS

Leroy Merlin Green

El proyecto “Leroy Merlin Green” permitió concebir una solución de eficiencia energética sostenida en el tiempo para Leroy Merlin. Leroy Merlin es una multinacional francesa líder en suministro de equipamiento para el hogar, el jardín y bricolaje.

Leroy Merlin España es consciente de que los edificios son más costosos de mantener de lo que cuesta su construcción y de que las decisiones que se toman en esta fase, impactarán la rentabilidad durante décadas, por lo que decide abordar de forma directa el proyecto “Leroy Merlin Green”.

Los objetivos del proyecto son la mejora de la gestión de la instalación de forma local y remota, el confort de los clientes y la eficiencia energética en la tienda de Gandía. De forma concreta el proyecto pretendía conseguir una reducción de 232 toneladas de emisiones de CO₂ a la atmósfera en dicha tienda. En 2008 cuando la tienda estaba en fase de diseño, Leroy Merlin se asesoró sobre la mejor forma de alcanzar sus objetivos, siendo consciente de que la solución pasaba por la implementación del BEMS (Building Energy Management System) adecuado. En aquel momento la estimación de ahorros para esta tienda estaba en 122.475 Kwh/año.



Figura 1. Leroy Merlin.

Tras la experiencia de Gandía se instalaron Zaragoza y Gijón con la misma filosofía. Finalmente en el verano del 2011, Leroy Merlin decidió oficialmente, estandarizar para todas sus tiendas en España el BEMS con TREND, tanto para nuevas construcciones como para las existentes. Así, fueron siguiendo Córdoba, Albacete, Sabadell, Elche, Badajoz, Majadahonda, Leganes, etc.

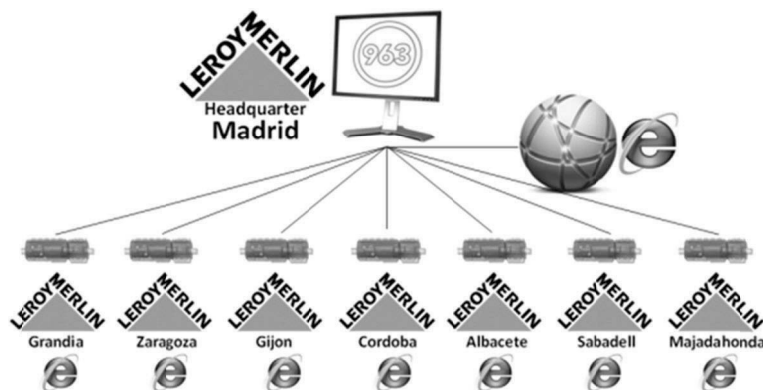


Figura 2. BEMS en Leroy Merlin.

El diseño de la instalación del BEMS consiste en un SCADA 963 y un software de monitorización y análisis de consumos y variables llamado Trend Energy Manager (TEM) dispuestos en las oficinas centrales de Leroy Merlin en Madrid, desde donde comunican a través de la red Ethernet propia con todas las instalaciones y donde se van sumando las nuevas y las reformadas.

Visualizador Energético para los clientes y empleados

En el proyecto “Leroy Merlin Green” es fundamental la divulgación entre los clientes y empleados de la concienciación que Leroy Merlin sobre el medio ambiente, por ello han dispuesto en un lugar privilegiado de la entrada de la tienda un equipo de Trend que proporciona de manera sencilla y fácil de entender a simple vista la equivalencia de la energía ahorrada en cantidad de lámparas de 60W, así como la equivalencia en número de coches de las toneladas de CO₂ que no se están vertiendo a la atmósfera. Finalmente en el mismo visualizador el público puede ver a qué acciones son debidos los ahorros.

Costes, ahorros y plazo de amortización

Considerando otra de las tiendas, la instalada en Leganes por ejemplo, los ahorros reportados por Leroy Merlin en 2013 respecto al consumo del 2012 fueron de un ahorro de 432,281kw (21,21%) lo que supone 39.427,84€ (20,14%). El plazo de amortización fue inferior a un año.

RBS (Royal Bank of Scotland)

El RBS diseñó una estrategia basada en el BEMS, que pretendía satisfacer las necesidades individuales de los distintos tipos de edificios que forman parte de su patrimonio, considerando como necesidades

críticas tanto el control y seguridad de sus CPDs, Centros de Comunicaciones y agencias. Una estrategia con diseños eficaces que ha sido estandarizada para replicar en las distintas instalaciones. El BEMS se está implementando de una forma estructurada mediante un grupo de trabajo, al que pertenecemos, que ayuda a la propiedad a conseguir sus objetivos de:

- Desarrollo de la especificación de BEMS
- Implementar una infraestructura robusta basada en CoreNet de RBS para la supervisión y control de las instalaciones, recepción de alarmas 24/7, mantenimiento y sobre todo seguimiento y actuación sobre la eficiencia energética por parte del Bureau de Servicios Energéticos de Trend, en todo el Reino Unido e Irlanda.
- Creación de distintos proyectos para la auditoría activa (durante las auditorías se realizan todas aquellas correcciones y ajustes que se detecten, en el BEMS) y mejora continua del funcionamiento del parque de sistemas de control instalado, y como se mencionaba antes, para la eficiencia energética de los edificios y control de emisiones de CO₂. Proyectos tales como el E107, el BCDE y el VIVID para las agencias bancarias.



Figura 3. Esquema de la auditoría.

Estos ahorros se han conseguido por las acciones siguientes:

- Ajuste de las zonas horarias y de las consignas de temperatura, calidad de aire, etc. a las necesidades de ocupación real.
- Análisis y optimización de la programación de los controladores.
- Calibración y ubicación correcta de sondas.
- Optimización de incongruencias de funcionamiento como aportes simultáneos de calor y frío, manejos de partes de la instalación en manual, etc.

Tras el éxito de este proyecto E107, RBS decidió extender el programa a todos los edificios de categoría B, C, D y E. Este nuevo proyecto de carácter más ambicioso, fue llamado imaginativamente BCDE y cubre las siguientes áreas, aunque el foco principal es el análisis energético de las 100 instalaciones críticas y más específicamente los "Top 40" usuarios con mayor consumo:

- Capacidad de servicio, fiabilidad y vida útil.
- Asegurar que todas las instalaciones críticas están incluidas en el BEMS.
- Asegurar que la operativa de la instalación de control se ajusta a las necesidades de ocupación de los edificios.
- Comparar las instalaciones con los estándares definidos.
- Revisar la operatividad de la instalación respecto del BISRIA.
- Asegurar la conectividad tanto local como remota de las instalaciones.
- Implementación de la estrategia de alarmas.

- Implementación de equipos de medida de consumos para identificar potenciales ahorros.
- Evaluación y re-generación de la documentación de las instalaciones.

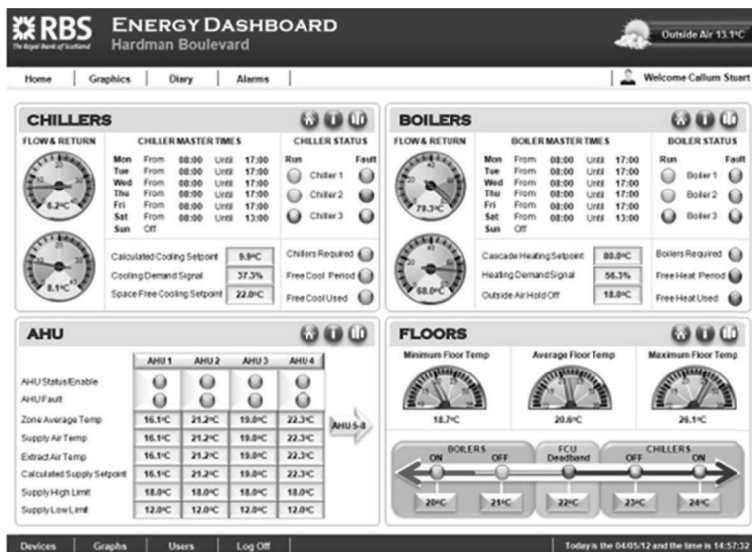


Figura 4. Energy DashBoard.

Finalmente de un total de 250 instalaciones auditadas (durante las auditorías se realizan todas aquellas correcciones y ajustes que se detecten, en el BEMS) en el proyecto BCDE, se obtuvieron respecto a 2008 un 8,33% en 2009, un 8,62% en 2010 y un 10,48% en 2011.

El proyecto VIVID para las agencias bancarias, contempla la instalación de un pequeño controlador libremente programable que gestiona localmente la calefacción, aire acondicionado e iluminación, así como medida de consumos eléctricos, con el objetivo primordial de ahorrar costes energéticos. A modo de ejemplo mencionar que tras las acciones realizadas durante la auditoría se consiguió la reducción de las horas de funcionamiento de la instalación entre 14 y 18 horas a la semana dependiendo del tipo de instalación.

Gestión Energética de Edificios Municipales en Pamplona

El ayuntamiento de pamplona viene manteniendo una inquietud constante por la eficiencia energética de los edificios e instalaciones municipales. Tras trabajar sobre la red de alumbrado público se centró en los edificios utilizando un modelo de suministro energético a través de ESE que le ha proporcionado excelentes resultados tanto a nivel de ahorros como de mejora de operatividad tanto en el mantenimiento como en el suministro de energía (eléctrica, gas y gasoil).

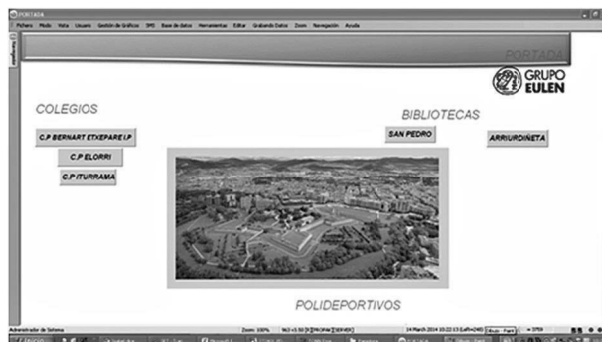


Figura 5. Gestión energética de los edificios municipales.

La adjudicación del contrato de Servicios energéticos y conservación y mantenimiento de los edificios municipales de Pamplona se realizó a la UTE constituida por EULEN-On demand, por un periodo de 2 + 2 años comenzando en el 2011.

El modelo contempla que las reducciones de consumo se repartan al 50% entre Ayuntamiento y la UTE.

Tras evaluar en el entorno de casi 500 posibles medidas a considerar en tres aspectos, Climatización – ACS, instalaciones eléctricas y suministro de energía.

En este proyecto la telegestión y el BEMS nuevamente resultan fundamentales para garantizar que los costes se encuentren bajo control así como la rentabilidad y viabilidad del proyecto. Trend ha sido la marca homologada para implementar el BEMS en todas las instalaciones a través de EULEN.

El sistema de control consta de un puesto central de telegestión 963 de Trend situado en las oficinas centrales del ayuntamiento y un software de monitorización y análisis de consumo llamado Trend Energy Manager (TEM).

El Supervisor permite el control remoto de las instalaciones y sirve la información a distintos usuarios tanto de la propiedad como de la UTE que acceden a través de la red Ethernet propia del ayuntamiento.

El TEM permite el análisis en tiempo real de los consumos, incorporar todo tipo de señales del BEMS tales como señales ambiente, consumos de gas, consumos de agua, etc. para su análisis.

Muestra los datos de consumo energético frente a perfiles definidos y los objetivos marcados, de modo que se pueden realizar comparaciones entre el consumo real y el esperado en un periodo de tiempo determinado.

En estas instalaciones se controla básicamente la producción de energía a nivel de calefacción, ACS y contaje energético.

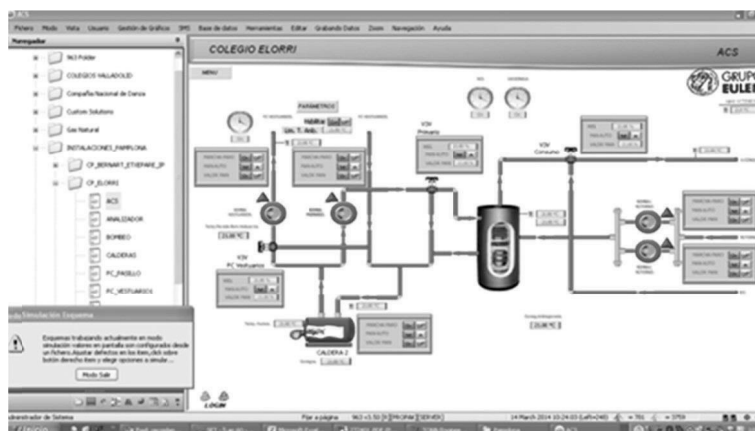


Figura 6. Control de un colegio.

En general, en cada una de las instalaciones se disponen dos controladores con capacidad de integración en Bacnet y en MODbus para la integración de contadores

Las expectativas de ahorro estimados al inicio del proyecto eran de entre un 15 y 20% a obtener a lo largo del contrato, sin embargo estas han sido superadas con creces como demuestran las tablas proporcionadas por el ayuntamiento y la UTE:

Climatización/ACS

Los datos de consumo registrado en el período 2012-2013, tras la adopción de las medidas de eficiencia:

Año	Consumo Kw-h	Ahorro Kw-h	Ahorro %	Precio sin IVA €/kw-h	Ahorro económico sin IVA €
2.011	19.760.964	n/a	n/a	n/a	n/a
2.012	16.548.334	3.212.630	16,26%	n/a	173.809
2.013 (1º sem)	13.243.775	3.160.521	19,33%	n/a	255.486

Figura 7. Comparación de consumos 2011 - 1º semestre 2013 y ahorro obtenido.

Consumo eléctrico

El ahorro energético del año 2012 y la del primer semestre del 2013 con respecto a la media de los años 2007-2011 se recoge en la tabla inferior.

Año	Consumo Kw-h	Ahorro Kw-h	Ahorro %	Precio sin IVA €/Kw-h	Ahorro económico sin IVA €
Media 2007-2011	7.407.767,78	n/a	n/a	n/a	n/a
2.012	6.663.982,40	743.785,38	10,04%	0,1656	123.137,53
2.013 (1º sem)	3.689.417,70	419.522,83	10,21%	0,1628	68.298,32

Figura 8. Comparativa de consumos eléctricos 2012 y 1º semestre 2013 respecto de la media 2007-2011.

Suministro de energía

Se realizó un análisis de las potencias realmente empleadas en los edificios y la comparación con la potencia que fue contratada inicialmente cuando la previsión de necesidades estaba sujeta a un mayor nivel de incertidumbre. De esta comparativa se dedujo la posibilidad de contratar potencias inferiores.

RECONOCIMIENTOS

D. Ignacio Carrasco, Jefe del Departamento Técnico, Inmobiliaria Leroy Merlin

D. Óscar Esquíroz Dtor. del Área de Urbanismo y Conservación Urbana, Ayuntamiento Pamplona

Javier Irurzun, Técnico de Producto – Mantenimiento GRUPO EULEN Navarra-Rioja
Peter Williams, Honeywell –Trend Emea Marketing Manager

Yasir Sheikh Head of Energy Development Trend

Yasar Butt – Trend Energy Specialist

BIBLIOGRAFÍA

Documento, consumos Leroy Merlin Leganés

Artículo Leroy Merlin Green

Royal Bank of Scotland BMS Overview document

Documento *Gestión Energética de Edificios Municipales en Pamplona* de la VIII Conferencia ATERGUS.

ILUMINACIÓN NATURAL Y EFICIENCIA ENERGÉTICA. INSTALACIÓN EN TALLER DE FERROCARRILES DE LA GENERALITAT VALENCIANA

Ignacio Reviriego, Director, Lledó Energía
Damián Sánchez-Largo, Responsable Técnico, Lledó Energía
Sergio De la Torre, Responsable Técnico, Lledó Iluminación

Resumen: Hasta ahora, la consideración hacia elementos que permitan el uso de la iluminación natural en edificios ha sido prácticamente nula. Paradójicamente, somos uno de los países desarrollados con más horas de sol al año. Los elementos proyectados y usados (lucernarios, traslúcidos y claraboyas) no se han considerado como elementos capaces de aportar luz en cantidad y calidad suficiente como para eliminar la necesidad del uso de la luz eléctrica. La conclusión y el diagnóstico: las cubiertas, elementos amplios y abundantes han sido desconsideradas a pesar de sus enormes posibilidades como elementos de ahorro de energía a través de la iluminación natural y de generación de energía verde mediante paneles fotovoltaicos. Los elementos convencionales de iluminación natural transmiten luz en mayor o menor medida pero no la difunden. El resultado es una mala iluminación y una necesidad permanente de luz eléctrica encendida para asegurar niveles de iluminación y cierto nivel de uniformidad. Paradójicamente, estos elementos aportan calor, contribuyen a una mala iluminación y no evitan el apagado de la iluminación eléctrica (a su vez, fuente adicional de calor). Son además elementos planos que sólo captan luz en las horas centrales del día y muchas veces sufren la acumulación de suciedad. Frente a estos sistemas Sunoptics capta más luz, durante más horas del día y DIFUNDE la luz sobre un plano de manera homogénea. El texturizado micro prismático de sus capas consigue disgregar el haz de luz solar en “microhaces” proporcionando luz agradable y sin reflejos. El filtro de rayos ultravioletas impide la degradación de lo que ilumina y su propia degradación, evitando así el problema del amarilleamiento de los sistemas convencionales. La cubierta del Taller de Naranjos, de los Ferrocarriles de la Generalitat Valenciana es un claro ejemplo de todo lo antedicho: una gran parte de la cubierta (20%) corresponde a superficie de traslúcidos amarillentos que introducen poca (y mala) iluminación

Palabras Claves: Eficiencia Energética, Iluminación Natural, Reducción de Consumos Eléctricos, Regulación y Control

INTRODUCCIÓN

Los talleres de los Ferrocarriles de la Generalitat Valenciana hacen uso intensivo de la iluminación eléctrica con unos elevados consumos. Son naves diáfanas con traslúcidos no operativos por su degradación.



Figura 1. Sistemas convencionales, Lledó Sunoptics.

El gasto eléctrico para iluminar este edificio crece en función de la subida del precio de la electricidad.

La instalación de Sunoptics se plantea como una solución simple, fácil, rentable que proporciona grandes ahorros.

Permite además reducir drásticamente el consumo energético en iluminación, reduciendo o incluso apagando el nivel de luz artificial o ajustando la iluminación a la ocupación de los distintos espacios. Con la aplicación de estas estrategias puede conseguir un ahorro de hasta un 75%.

Sistema de aprovechamiento de luz natural con hasta 4 sensores de luminosidad en lazo abierto, orientados hacia Sunoptics, para medir la incidencia de luz natural.

Regula hasta 128 luminarias en 16 zonas independientes, ajustando la intensidad de manera gradual entre el 1 y el 100% de la intensidad de la lámpara para garantizar el nivel exigido sobre el plano de trabajo con homogeneidad.

Control de la instalación desde punto de control configurable de entre 2 y 7 botones para activación de escenas y regulación de la intensidad.

Posibilidad de incorporar elementos para control por presencia, control manual, disponibles en versión cableada o inalámbrica (requiere Antena RF, ver accesorios).



Figura 3. Dispositivo para el control de la iluminación.

RESULTADOS

Mediciones de luz natural:

Se verifica que la luz artificial está apagada (campanas de halogenuros metálicos de 400 w) y se observa la correcta uniformidad de la luz natural sobre las superficies de trabajo.

Las primeras mediciones se realizan en la mesa de trabajo de la zona de talleres, con altura aproximada de un metro.

Nivel 1 m. (cota 1): 1400 Lux.

Uniformidad de la luz natural:

Se recorren diferentes zonas del taller y cocheras, observando la correcta uniformidad de la luz natural. Conforme nos desplazamos con el luxómetro, apreciamos que la luz natural es bastante uniforme y homogénea, tanto en la zona de taller como en las cocheras de trenes.



Figura 4. Antes de la intervención.



Figura 5. El taller, después del proyecto.

Mediciones térmicas

Otra de las mediciones que se realiza en la visita es la temperatura que se registra en el lucernario y en la luz artificial.

Obteniendo las siguientes conclusiones:

- El punto más caliente está en la luz artificial (campanas) con 75.4°C.
- El Lledó Sunoptics en su parte central: 38.4°C.
- Los translúcidos de policarbonato: 46.1°C.

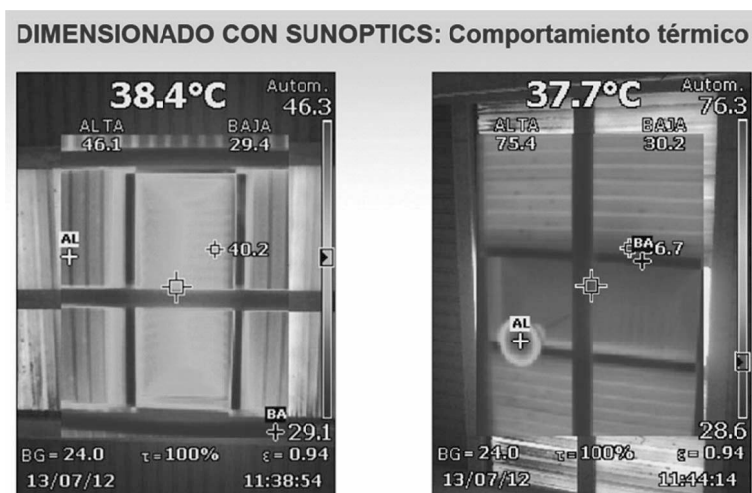


Figura 6. Dimensionado con Sunoptics.

AHORROS ENERGÉTICOS:

- Casi un 40% de ahorro por apagado total de la iluminación eléctrica.
- Más de 100.000 kwh/año de ahorro energético.
- Casi 15.000 euros de ahorro anual.
- Aumento de la vida útil de las lámparas.
- Reducción de los gastos de mantenimiento.

CONCLUSIONES:

Mejora energética del edificio

La reducción de consumo energético, dada el bajo requerimiento luminotécnico (300 luxes) y la zona geográfica de la instalación (Valencia) supone un gran mejora en el saldo energético del taller como edificio (ahorro de más de 100.000 Kwh por año).

Si a esto añadimos que previamente existía una instalación fotovoltaica que produce 250.000 Kwh por año, encontramos que la cubierta contribuye en un alto porcentaje a compensar las necesidades energéticas del edificio.

REDUCCIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL (kWh): 104.492,00

REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO			REDUCCIÓN DE PRODUCCIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS	
CO ₂	SO ₂	NO _x	BAJA Y MEDIA ACTIVIDAD	ALTA ACTIVIDAD
0,343 (kg/kwh)	0,00073 (kg/kwh)	0,000519 (kg/kwh)	0,00218 (cm ³ /kwh)	0,267 (g/kwh)
↓	↓	↓	↓	↓
35.840,76 kg	76,28 kg	54,23 kg	227,79 cm ³	27.899,36 gr

Figura 7. Reducción del consumo Eléctrico Anual (kWh).

Mejoras en la iluminación

Con la instalación de lucernarios Lledó Sunoptics, se ha mejorado considerablemente la iluminación en los diferentes puestos de trabajo de la nave. Siendo estas nuevas condiciones más agradables para los operarios.

		Niveles Medios de Iluminación (LUX)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ene	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104	339	637	952	1.134	1.141	995	742	412	178	11	0	0	0	0	0
Feb	0	0	0	0	0	0	0	0	8	201	494	892	1.186	1.337	1.356	1.251	1.039	718	331	92	0	0	0	0	0
Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	132	416	857	1.248	1.534	1.717	1.730	1.611	1.356	986	566	214	19	0	0	0	0
Abr	0	0	0	0	0	0	0	0	34	286	739	1.185	1.609	1.899	2.050	1.994	1.872	1.620	1.288	800	329	53	0	0	0
May	0	0	0	0	0	0	0	175	532	995	1.429	1.840	2.089	2.242	2.164	2.027	1.813	1.451	1.017	498	157	0	0	0	0
Jun	0	0	0	0	0	13	226	605	1.050	1.536	1.825	2.196	2.346	2.339	2.206	1.933	1.619	1.154	667	250	22	0	0	0	0
Jul	0	0	0	0	0	0	223	595	1.103	1.599	2.046	2.355	2.495	2.536	2.426	2.114	1.701	1.172	706	252	34	0	0	0	0
Ago	0	0	0	0	0	0	88	421	916	1.415	1.902	2.220	2.387	2.398	2.268	1.965	1.520	1.017	492	137	3	0	0	0	0
Sep	0	0	0	0	0	0	14	260	688	1.183	1.564	1.880	1.980	1.991	1.865	1.583	1.164	639	224	5	0	0	0	0	0
Oct	0	0	0	0	0	0	0	132	417	860	1.230	1.455	1.588	1.533	1.412	1.078	649	281	38	0	0	0	0	0	0
Nov	0	0	0	0	0	0	0	34	228	530	876	1.119	1.213	1.169	992	675	347	120	0	0	0	0	0	0	0
Dic	0	0	0	0	0	0	0	105	317	629	894	1.035	1.020	871	623	293	85	0	0	0	0	0	0	0	0

Iluminación Requerida = 300 LUX
 < 1 LUX; < 150 LUX; < 300 LUX; > 300 LUX;

Figura 8. Niveles medios de iluminación (LUX).

Mejoras en aspectos térmicos

Otra de las conclusiones que se obtienen con la visita, es la mejora en las condiciones térmicas en la nave.

El tipo de lucernario Lledó Sunoptics instalado es de doble capa, alcanzando un coeficiente de transmitancia térmica bajo.

Gracias a la luz natural podemos tener apagadas las luminarias durante gran parte del día evitando este aporte de calor y consiguiendo unos ahorros en electricidad importantes.

Mejoras en calidad de vida de los empleados

Después de conversar con varios empleados, la opinión generalizada es que se ha producido una gran mejora en la iluminación. El ambiente de trabajo es más agradable y saludable.

Paradójicamente, la queja inicial era la aportación de calor. Algunos empleados nos acompañan en las mediciones térmicas y se convencen que no es así.

Al ver un aumento en la luz natural, la sensación térmica (solo aparente) es mayor que en zonas oscuras.

RECONOCIMIENTOS

Francisco García, Director Técnico de FGV.

Sergio de la Torre, Responsable Técnico de Lledó Iluminación.

ESPAIZERO, PRIMER CENTRO ESTATAL 100% AUTOSUFICIENTE ENERGÉTICAMENTE A TRAVÉS DE ENERGÍAS RENOVABLES

Franc Comino Ruíz, Socio-Fundador de Wattia Innova, Wattia Innova S.L.

Resumen: EspaiZero es un espacio energéticamente autosuficiente que tiene triple funcionalidad; por una parte, es la sede de la empresa Wattia Innova, por otro lado es un laboratorio de experimentación y mejora de métodos y también hace función de "showroom". EspaiZero es una realidad que demuestra que, con la aplicación de más de 20 sistemas de eficiencia energética, pasivos, activos (mediante energías renovables) y de una correcta integración de estos, se puede lograr el consumo energético cero. La reducción de la demanda energética, la producción mediante energías renovables, la acumulación de energía y el consumo racional son las bases para que EspaiZero se autoabastezca energéticamente.

Palabras Claves: Autogeneración, Automatización y Domótica, Autosuficiencia Energética, Consumo Cero, Consumo Nulo, Eficiencia Energética, Energías Renovables, Geotermia, Gestión y Control, Integración Sistemas

INTRODUCCIÓN / ANTECEDENTES

En abril de 2013, Wattia Innova, S.L., empresa que ofrece un servicio integral para la automatización y mejora de la eficiencia energética de todo tipo de instalaciones, inauguró su sede EspaiZero. EspaiZero es un centro de oficinas situado en la localidad de Olot (Gerona, Cataluña) y es el primer centro estatal 100% autosuficiente energéticamente. Este espacio de oficinas de 200 m² que alberga 19 trabajadores es capaz de autogenerar, mediante fuentes renovables, toda la energía que consume y junto a la integración de un sistema de automatización que gestiona todos los sistemas pasivos, activos y de control instalados, consigue que el consumo energético sea cero. EspaiZero nació con dos objetivos muy claros:

1. Ser un ejemplo real de referencia en el campo de la eficiencia energética siendo un escaparate para el público mostrando que la autosuficiencia energética es posible.
2. Ser un laboratorio de pruebas que permita investigar, desarrollar y poner en práctica sistemas de eficiencia energética y energías renovables.

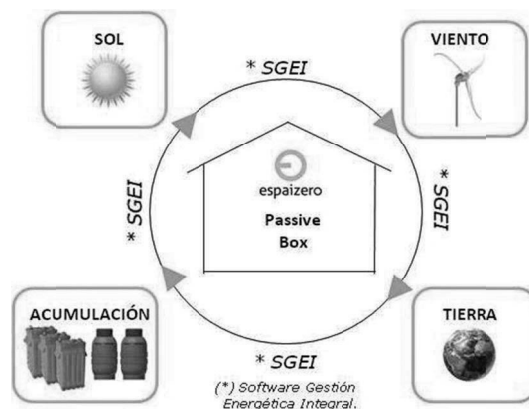


Figura 1. Principio EspaiZero.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Se podría visualizar los principios de funcionamiento de EspaiZero en la figura 1. Para que el proyecto EspaiZero fuese una realidad, Wattia tuvo muy claro que había que construir un espacio “Passive Box”, que tuviera la mínima demanda energética posible y que no tuviera pérdidas energéticas favoreciendo el ahorro energético tanto como fuera posible. De este modo, la elección del local se convirtió en una de las claves para conseguir la autosuficiencia energética que EspaiZero tiene ahora mismo.

Para reducir la demanda energética, se actuó sobre los siguientes elementos:

- Orientación – Se eligió un local orientado a sur.
- Implementación de elementos pasivos.
- Uso de equipos de clasificación energética óptima.
- Concienciación de los usuarios.

Después de reducir la demanda energética con métodos pasivos se tuvo que producir la energía, mediante fuentes renovables, suficiente para satisfacer la demanda. Las fuentes naturales utilizadas son:

- Sol – placas fotovoltaicas y térmicas.
- Viento – aerogenerador.
- Tierra – geoterminia.

Y teniendo en cuenta que la producción de energía mediante renovables no es constante, es necesaria una acumulación que proporcione energía en momentos en que la producción no es suficiente. EspaiZero dispone de:

- Pilas de agua – acumulación térmica compactada.
- Baterías eléctricas – acumulación eléctrica.

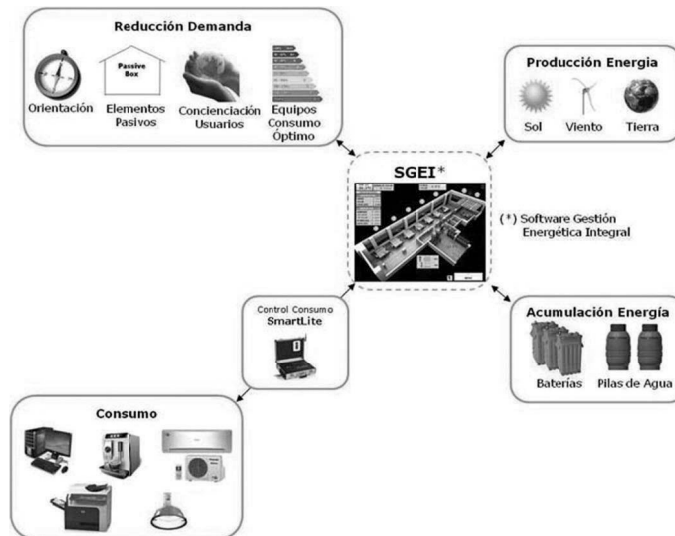


Figura 2. Funcionamiento EspaiZero.

Finalmente y para que todos estos elementos funcionen de manera eficaz con orden y sentido, se requiere de una gestión y control inteligente que integre y una todos los sistemas. En el caso de EspaiZero, este director de orquesta es el Software de Gestión Energética Integral (SGEI) que, en base a unos parámetros que priorizan el ahorro energético, decide, de manera completamente autónoma, el qué, cuándo y cómo los sistemas deben funcionar. Del SGEI depende en gran medida el logro del hito, “consumo cero”. Así pues, se puede plasmar el funcionamiento de EspaiZero como indica la figura 2.

METODOLOGÍA

En la Figura 3 se reproducen y numeran de forma resumida todos los principales sistemas activos aplicados.

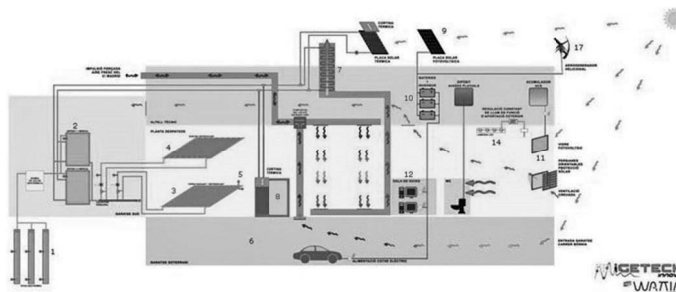


Figura 3. Principales sistemas activos.

SISTEMAS ACTIVOS

1. Geotermia: Sistema compuesto por una bomba de geotermia, con un COP de hasta 5, i 3 pozos de 160m para la producción de calor en invierno y frío en verano.
2. Pilas de agua: Acumulación térmica mediante dos depósitos de agua de 800 litros cada uno.
3. Climatización por Suelo radiante: Sistema de calentamiento del local durante los meses fríos.
4. Climatización por Techo refrescante: Sistema de refrigeración del local durante los meses cálidos.
5. Sondas suelo radiante: Sondas de temperatura instaladas para ajustar la regulación.
6. Pozo canadiense: Sistema que aprovecha la diferencia de temperatura entre el sótano existente del edificio y el ambiente exterior. El sistema consiste en aprovechar la temperatura de esta masa de aire, que al encontrarse soterrada se mantiene casi constante durante el año.
7. Chimenea solar: Sistema para la evacuación del aire caliente que se genera en el interior del local los meses más cálidos.
8. Panel Solar: Sistema instalado en la puerta principal que acumula la energía del sol y calienta un serpentín de agua. Éste se utiliza para aumentar el efecto chimenea solar.
9. Captación fotovoltaica: Sistema fotovoltaico de 36 placas instaladas en el tejado del edificio.
10. Baterías eléctricas: Sistema para acumular la energía eléctrica generada por las placas solares.
11. Cristal con células fotovoltaicas: Sistema para la alimentación de un pequeño calentador eléctrico de agua.
12. Sala de racks: Sistema de renovación natural de aire aprovechando la cara más fría del edificio.
13. Servidores eficientes: Servidores con una alta calificación EnergyStar.
14. Iluminación Led: Luminarias con leds de alto rendimiento.
15. Iluminación Regulada: Sistema de iluminación regulada según aportación lumínica exterior.
16. Sensores de presencia y movimiento: Control de la iluminación mediante sensores.
17. Aerogenerador helicoidal: Sistema helicoidal de 4 kW instalado en el tejado del edificio.

SISTEMAS PASIVOS

1. Orientación: Orientado a Sur-Oeste, dispone de grandes aperturas en esta fachada.
2. Aislamiento: Sistema envolvente con un grosor de 8 cm ($\lambda = 0,022$) en techo y paredes.
3. Captación solar: Aperturas en fachada Sur-Oeste con alto nivel de insolación e iluminación natural.
4. Perfilería: Marcos con doble sistema de rotura de puente térmico.
5. Acristalamiento: Cristales triples con doble cámara de aire de 10 cm con gas argón y 2 capas de baja emisividad, consiguiendo un coeficiente de transmisión térmica (U) de 0.8.
6. Iluminación natural: Zonas de trabajo distribuidas para obtener la máxima iluminación natural.
7. Ventilación cruzada: Ventanas oscilo batientes automatizadas para conseguir un sistema de ventilación natural cruzada. Refrigeración en verano y renovación de aire interior durante todo el año.
8. Recuperación estratificación: Conductos en la parte alta de las salas para recoger, tratar y aprovechar el aire caliente estratificado. En invierno se aprovecha para climatizar y en verano se expulsa para la chimenea solar.

SISTEMAS DE CONTROL Y MEDIDA

1. Automatización: PLC de control y sistema KNX para el control, gestión y coordinación de todos los sistemas de eficiencia instalados.
2. SmartLite FSL de 24 puntos: Sistema de monitorización continua de consumos eléctricos y tarificación.
3. iENetB: Sistema de monitorización de bus doméstico KNX, desarrollado por Wattia Innova, encargado de monitorizar y registrar todas las variables de proceso del bus.
4. iES7: Sistema de monitorización para Siemens PLC desarrollado por Wattia Innova, encargado de monitorizar y registrar todas las variables del PLC de control.
5. Estación Meteorológica Davis: Un controlador para bus KNX, desarrollado por Wattia Innova, recoge los datos de la estación para utilizarlas en el control de EspaiZero.

RESULTADOS Y DATOS OBTENIDOS

Gracias a los 100 sensores instalados y a la monitorización de datos a tiempo real mediante la web se pueden obtener resultados y analizarlos. El historial de datos obtenidos, visualizados en gráficas y tablas, ha permitido determinar cómo se comporta cada uno de los sistemas en diferentes momentos estacionales y así poderlos regular para que ofrezcan el máximo de su rendimiento en cada momento.

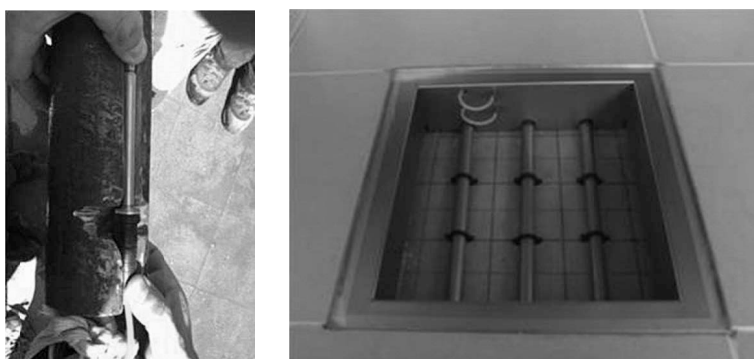


Figura 4. Izquierda: sensor en sondas geotermia. Derecha: sondas en suelo radiante.

Como ejemplo se podría destacar los sensores de temperatura instalados en el interior de los pozos geotérmicos (ver Figura 4. Sensor en sonda geoterminia) que permiten conocer la respuesta real del subsuelo ante la acción del intercambio de calor, pudiendo conocer en todo momento el nivel de saturación de éste.

También los sistemas de electroválvulas vinculadas a un sistema de automatización y control que se han instalado en los acumuladores de agua con el fin de comprobar el rendimiento de diferentes modos de almacenamiento de energía térmica en su interior.

Como resultado a pruebas efectuadas a éstos sistemas se podrían nombrar:

- Con la compactación del agua de las pilas se consigue una acumulación de energía para 14 horas de autonomía térmica como promedio. Sin esta compactación solo se obtiene una acumulación menor a las 5 horas.
- La radiación solar directa al suelo de un día soleado hace que la temperatura del agua del suelo radiante suba 3 grados que se inyectan directamente a las pilas de acumulación. Esto supone 2 horas adicionales de autonomía en las pilas de agua.
- También se ha podido determinar que la inercia del suelo radiante es de 4 horas de promedio (ver Figura 4. Sondas en suelo radiante.).

Los resultados a este estudio constante que nos permite EspaiZero están siendo aplicados a clientes de modo que se puede ofrecer un elevado grado de fiabilidad.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Desde que EspaiZero era solo un proyecto hasta el día de hoy, se ponen sobre la mesa debates sobre los diferentes sistemas. Hasta ahora, se han resuelto incógnitas que siempre se habían tenido tales como:

- Creemos que energéticamente es mejor tener más metros cuadrados de cristal en fachada que tener pared bien aislada siempre que el cristal instalado tenga un coeficiente de transmisión térmica menor a 1.
- Otra incertidumbre era si es mejor parar el suelo radiante durante el fin de semana, cuando no hay personas, o mantenerlo en marcha. Se ha comprobado que, en nuestro caso, es mejor mantener en marcha el suelo radiante en modo “stand by” reduciendo los grados de impulsión de éste en tres grados.
- EspaiZero también permite discutir los cálculos obtenidos a través de software tan conocidos como Calender o Leader. Se ha determinado que la aportación calorífica de las personas junto con los equipos informáticos de EspaiZero es de 1,5°C.

CONCLUSIONES

¿Por qué llegar a un consumo cero?

- Porque la Directiva Europea 2010/31 (EPBD recast) determina que a partir del 31/12/2020 todos los edificios de nueva construcción tendrán que ser de consumo casi nulo.
- La experiencia de haber implementado un centro con consumo nulo y haberlo mantenido en estas condiciones hasta el momento (un año) proporciona al equipo de Wattia Innova un “Know how” valiosísimo, anticipándose así a un futuro que nos dirige en la dirección de la eficiencia energética.

- Estar en vanguardia en el mundo de las energías renovables y sistemas de eficiencia energética.

¿Son necesarios 20 sistemas de eficiencia energética?

- En EspaiZero se están implementando el máximo de sistemas posibles para que sea un “showroom” y así sirva de escaparate para todo el mundo que esté interesado.
- EspaiZero es también un laboratorio donde se experimenta con nuevos sistemas y poder así, determinar su validez.
- Por otro lado, se obtienen estudios de rendimiento de los sistemas que ya están en uso.

¿Qué tiene de especial EspaiZero?

- Se ha podido verificar que para obtener el consumo cero es clave que todos los sistemas estén perfectamente integrados. La integración de éstos es lo que hace EspaiZero una realidad.
- Una vez lograda la integración se requiere de un director que haga trabajar a todos los diferentes elementos de forma inteligente. En EspaiZero este director es llamado SGEI (Software de Gestión Energética Integral)

¿Es viable EspaiZero?

- Con la tecnología actual, cruzar la línea del 70% de ahorro energético en una instalación requiere de un nivel de inversión muy elevado. A día de hoy un EspaiZero sería viable en el caso que la llegada de la acometida eléctrica hasta el punto fuese muy complicada. De todos modos y viendo lo rápidamente que evoluciona la tecnología en este campo, se prevén cambios importantes en este sentido. A pesar de esto, actualmente se puede llegar hasta el ahorro del 70% de la energía con un retorno de la inversión razonable.

Además, desde la inauguración en abril de 2013, EspaiZero ha recibido alrededor de 1.600 visitas donde destacan la del Consejero de Empresa y Ocupación, Felip Puig, quien estuvo en la inauguración, y la de los directores de importantes entidades como el IREC (Institut de Recerca de Catalunya) o el ICAEN (Institut Català de L'Energia), junto con otras personalidades y expertos en el campo energético.

Gracias a esta corriente, el proyecto EspaiZero está sirviendo para que importantes distribuidores de energía fósil dejen de ser competidores para convertirse en potenciales colaboradores que invierten en la dirección del consumo cero usando energías renovables y eficiencia energética.

AGRADECIMIENTOS

Especiales agradecimientos a:

- Ayuntamiento de Olot, AJEG (Asociación Jóvenes Empresarios Girona) y Cercle EURAM de la Garrotxa por el Premio 100% Emprendedores de 2013.
- Generalitat de Catalunya y al Departamento de Empresa y Ocupación por el galardón otorgado en los Premios Excelencia Energética en Ahorro y Eficiencia Energética de 2014.

También agradecer su colaboración a: CILMA, Diputación de Girona, Ayuntamiento de Olot, Proyecto Europeo AIDA, IREC, ICAEN, Serveis Territorials i Ocupació a Girona, Universidad Ramon Llull, Asociación KNX España y Universidad de Girona.

INTERACCIÓN CON LA RED EN EDIFICIOS DE ENERGÍA CERO. RESULTADOS DE LA TAREA INTERNACIONAL "ZERO SOLAR ENERGY BUILDINGS"

Jaume Salom, Dr., Institut de Recerca en Energia de Catalunya - IREC

Maria Leandra González Matterson, Institut de Recerca en Energia de Catalunya - IREC

Resumen: La comunicación presenta resultados relevantes de indicadores de acoplamiento de la demanda e interacción con la red, en base al análisis de edificios de energía cero, ejemplificándolo en un edificio de viviendas plurifamiliar localizado en España. Los indicadores, tanto numéricos como con métodos de representación gráfica, son el resultado de un grupo de trabajo internacional de la Agencia Internacional de la Energía, donde se han analizado tanto edificios con datos monitorizados, como con datos medidos. Se proponen indicadores relevantes y novedosos como el Múltiplo de Generación, que permiten relacionar las potencias pico de generación y demanda (o exportación/importación de energía) con las capacidades de conexión.

Palabras Claves: Acoplamiento de la Demanda, Autoconsumo, Capacidad de Conexión, Energía Cero, Energía Exportada, Energía Importada, Indicadores, Interacción con la Red

INTRODUCCIÓN

Un edificio de balance energético cero (Net ZEB, Net Zero Energy Building en inglés) es un edificio con un alto nivel de eficiencia energética, donde la ya reducida cantidad de energía requerida debería proceder de fuentes renovables en el entorno del edificio, de manera que su balance energético anual sea cero. En (Salom et al., 2012) se presenta el marco de definición para Net ZEB.

Los Net ZEB están conectados a las redes de suministro energético (red eléctrica o de gas, redes de distrito de calefacción y o refrigeración, etc.) de las que "importan" (compran) energía y a las que podrían "exportar" toda o parte de la energía que genera el edificio en aquellos momentos en que la producción de energía en el propio edificio excede las necesidades energéticas de sus usuarios. Para describir la relación entre los Net ZEB y la red se utilizan dos conceptos: (1) el solapamiento entre la generación de energía local y las cargas energéticas del edificio, llamado "acoplamiento de la demanda" (en inglés, load matching –LM–), y (2) el resultado de la importación/exportación de energía con la red, llamado "interacción con la red" (en inglés, grid interaction –GI–). Estos conceptos fueron presentados en (Salom et al., 2011) y se analizan con datos de edificios reales y simulados en (Salom et al., 2014). Los resultados de este trabajo se han desarrollado en gran medida en el marco de la tarea conjunta de los programas "Solar Heating and Cooling (SHC)" Task40 and "Energy in Buildings and Communities (EBC)" Annex52: "Towards Net Zero Energy Solar Buildings" de la Agencia Internacional de la Energía (IEA TASK 40/ANNEX 52, 2008). En esta comunicación se presentan indicadores para la caracterización de la interacción de los edificios con la red eléctrica.

INDICADORES: DEFINICIÓN Y TERMINOLOGÍA

Esta sección presenta aquellos indicadores relevantes para describir de forma cuantitativa los conceptos de acoplamiento de la demanda e interacción con la red, eléctrica (en general, LMGI). La ecuación 1 representa el balance energético en un edificio en un periodo de tiempo entre T1 and T2 considerando que la diferencia entre la energía acumulada entre inicio y final del periodo es despreciable, usando la nomenclatura especificada en la Figura 1.

$$\int_{\tau_1}^{\tau_2} g(t) dt + \int_{\tau_1}^{\tau_2} d(t) dt = \int_{\tau_1}^{\tau_2} l_{net}(t) dt + \int_{\tau_1}^{\tau_2} \zeta(t) dt + \int_{\tau_1}^{\tau_2} e(t) dt$$

Ecuación 1.

Definiéndose, de forma instantánea, la energía neta exportada como la diferencia entre la energía exportada y la energía importada de la red.

$$ne(t) = e(t) - d(t)$$

Ecuación 2.

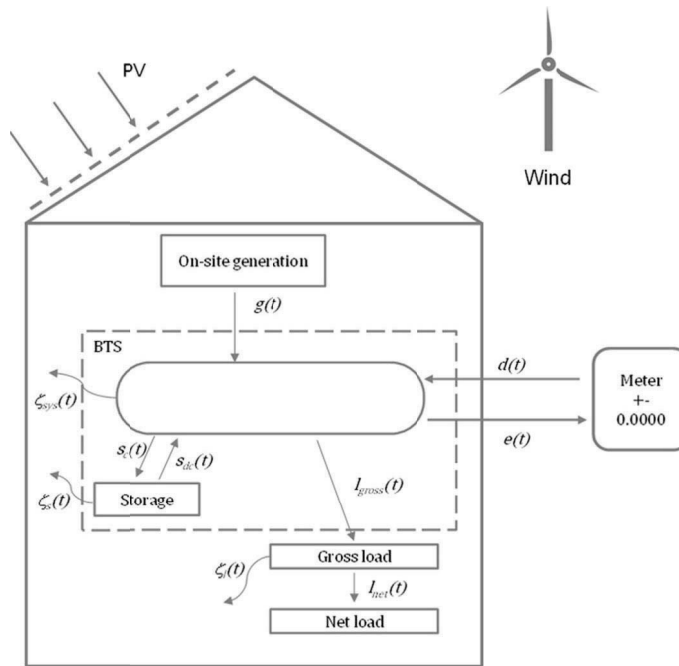


Figura 1. Esquema de los flujos energéticos en un edificio de energía cero.

Indicadores de acoplamiento de la demanda

Los indicadores de acoplamiento de la demanda describen el grado de utilización de la energía generada en el edificio en relación con la demanda del edificio. El factor de cobertura de la demanda representa el porcentaje de demanda eléctrica cubierta por la generación eléctrica en el lugar y se define como

$$\gamma_{load} = \frac{\int_{\tau_1}^{\tau_2} \min[g(t) - s(t) - \zeta(t), l(t)] dt}{\int_{\tau_1}^{\tau_2} l(t) dt}$$

Ecuación 3.

Un índice que es complementario el factor de cobertura de la generación, también conocido como autoconsumo se expresa con la ecuación 4 y se define como el porcentaje de la generación local que se consume en el mismo edificio.

$$\gamma_{supply} = \frac{\int_{\tau_1}^{\tau_2} \min[g(t) - s(t) - \zeta(t), l(t)] dt}{\int_{\tau_1}^{\tau_2} g(t) dt}$$

Ecuación 4.

Indicadores de interacción con la red

La magnitud física central para definir la interacción con la red es el valor de la potencia eléctrica inyectada o consumida por un edificio o grupo de edificios. La variabilidad de esta magnitud no es importante per se, pero la variabilidad y la coincidencia determina que niveles de potencia máximos se alcanzan y con qué frecuencia. Los indicadores que definen la interacción con la red pueden utilizarse con los valores absolutos o con valores normalizados. Como el objetivo es cuantificar la interacción de la red, en (Salom et al. 2011) y (Salom et al., 2014) se propone utilizar indicadores normalizados con la capacidad de conexión con la red (Edes). Por ejemplo, para España los requerimientos mínimos de previsión de potencia máxima, independientemente de la potencia contratada por cada usuario, que definen la capacidad de conexión de una edificio a la red eléctrica se muestran en la Figura 2.

Edificio	Requerimientos mínimos de capacidad de conexión
Vivienda unifamiliar Electrificación básica	5 750 W @ 230 V
Vivienda unifamiliar Electrificación elevada	9 200 W @ 230 V
Vivienda colectiva	Factor de simultaneidad aplicado a la suma de requerimientos para viviendas individuales (más las necesidades de espacios comunes)
No residencial	100 W/m ² o 3 450 W/space @ 230 V Factor de simultaneidad = 1

Figura 2. Requerimientos mínimos de capacidad de conexión eléctrica (ICT-BT-10, 2002).

Los valores máximos de generación y demanda normalizados en relación a la capacidad de conexión se definen como:

$$\bar{G} = \frac{\max[g(t)]}{E_{des}} \quad \bar{L} = \frac{\max[l(t)]}{E_{des}}$$

Ecuación 5 y 6.

Y el valor de energía exportada neta normalizada como:

$$\overline{ne(t)} = \frac{ne(t)}{E_{des}}$$

Ecuación 7.

Como resultado de las investigaciones internacionales en esta temática se propone como indicador el múltiplo de generación que relaciona el tamaño del sistema de generación con el valor máximo de la demanda energética. Se puede calcular como (a) el ratio entre los valores máximos de

generación/demanda o (b) como el ratio entre los valores extremos valores de exportación / importación $GM(g/l)$ y $GM_{(e/d)}$, respectivamente.

$$GM_{(g/l)} = \frac{\max[g(t)]}{\max[l(t)]} \quad GM_{(e/d)} = \frac{|ne_{max}|}{|ne_{min}|}$$

Ecuación 8 y 9.

Así mismo, se propone en la presente comunicación una forma de representación gráfica (ver Figura 2) de los valores de interacción con la red expresados en las ecuaciones anteriores basado en la curva monótona de la energía neta exportada que resulta muy práctica para relacionar las diversas magnitudes presentadas.

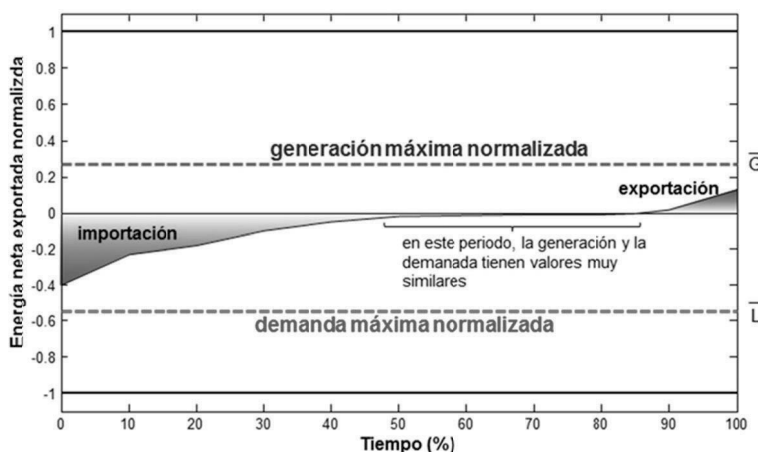


Figura 3. Ejemplo de curva monótona para la energía neta exportada. También se muestran los valores de G^- y L^- en la gráfica conjuntamente con los valores normalizados de Edes (+1 and -1).

CASO DE ESTUDIO

Los indicadores presentados en la sección anterior se evalúan para el caso de un edificio plurifamiliar de viviendas, típico de la construcción en España en los años 60 en áreas metropolitanas de alta densidad. El edificio se compone de 10 viviendas con una superficie individual de 60 m², situado en Santa Coloma de Gramenet (Barcelona). El caso de estudio considera la aplicación de medidas de rehabilitación para disminuir la demanda energética, el uso de bomba de calor para cubrir las necesidades de calefacción y refrigeración, así como el total de la demanda eléctrica asociada al uso de electrodomésticos y menaje eléctrico en general. Un sistema fotovoltaico de 37 kWp hace que el edificio sea un edificio de energía cero. Los cálculos se han realizado en base horaria utilizando herramientas de simulación dinámica. Más detalles sobre el caso de estudio se pueden encontrar en (Salom et al., 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan los resultados de los indicadores explicados, así como se comenta el grado de utilidad de los mismos. Si se analizan los resultados para diferentes estaciones de los grados de cobertura de la demanda y generación, se observa que de forma significativa durante las horas centrales del día y para todo el año, hay una cobertura significativa de la demanda por el sistema de generación anual (36% a nivel anual) también de forma significativa en el mes de enero (entre las 10:00 y las 16:00

horas). Estudiado el factor de cobertura de la generación o autoconsumo, se observa claramente que en verano estos valores son bajos, evidenciando la exportación de energía eléctrica necesaria desde el edificio a la red para un edificio de energía cero, apreciándose también la disminución de estos valores entre las 13.00 i las 15:00 al haber un aumento de actividad (y del consumo) en llas viviendas a esas horas.

Una forma de apreciar de forma clara este comportamiento es con la representación gráfica de los valores de energía neta exportada de la Figura 5. La Figura 5 representa en forma de áreas de contorno coloreadas los valores de la energía neta exportada. Los valores positivos en la gráfica representan exportación de energía a la red y los valores negativos, importación de energía de la red. La gráfica proporciona una visión excepcional de en qué instantes del año el edificio demanda energía o es capaz de exportarla. El eje x representa las horas del día (1÷24) y el eje vertical los días del año (1÷365). El comportamiento de la energía neta exportada refleja claramente la existencia de un sistema de generación local fotovoltaico, generándose una exportación de energía de forma más intensa en las horas centrales del día y los meses de verano.

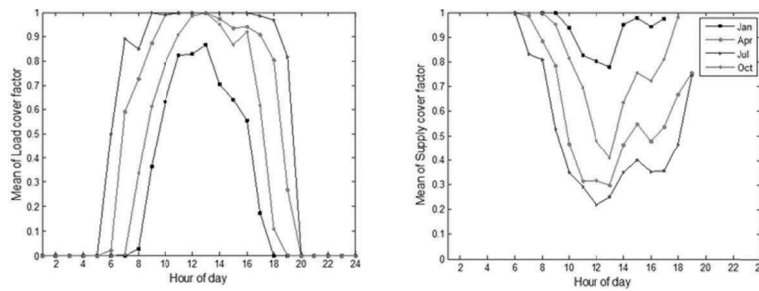


Figura 4. Valores medios diarios del factor de cobertura de la demanda (izquierda) y el factor de cobertura de la generación (derecha) para cuatro meses seleccionados (enero, abril, julio y octubre).

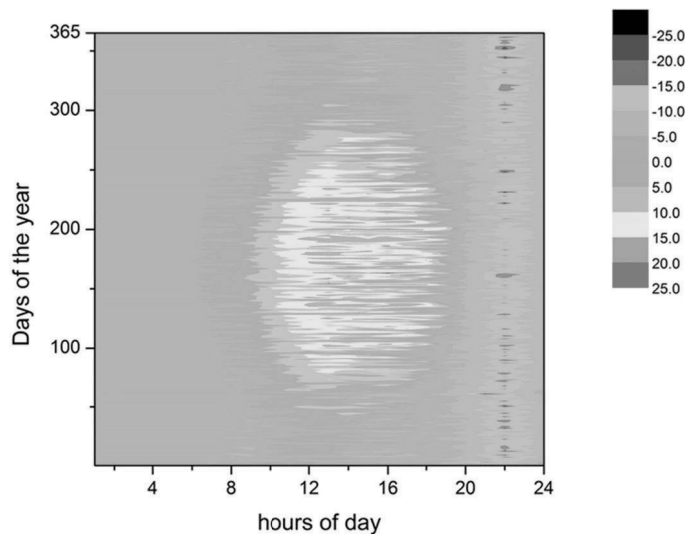


Figura 5. Valores medios diarios del factor de cobertura de la demanda (izquierda) y el factor de cobertura de la generación (derecha) para cuatro meses seleccionados (enero, abril, julio y octubre).

La Figura 6 presenta la curva monótona de la energía neta exportada normalizada, así como los valores normalizados de generación y demanda. Los valores del múltiplo de generación son respectivamente: GM (g/l)= 1.32; GM (e/d)=0.89). Los resultados obtenidos se alinean con los de otros casos de estudio de

edificios de energía cero donde el valor máximo de generación es mayor que el de demanda, con un factor de múltiplo de generación entre uno y dos. El hecho de que el factor GM (e/d)=0.89 sea menor a uno puede deberse a que los resultados son en base a simulaciones y la predicción de la demanda es más homogénea y menos estocástica que en un edificio real. En relación a la capacidad de conexión se puede comentar que el edificio tiene unos valores máximos de energía importada de 0.57 y de energía exportada igual a 0.50. Esto debe interpretarse que la forma que la capacidad de conexión es un 40% mayor que los valores máximos de potencia exportada/importada. Otra conclusión significativa que se puede extraer del análisis de la Figura 5 es el porcentaje de tiempo que un edificio de energía cero de las características del caso de estudio exporta energía durante el año. Este porcentaje es del 30%, significando que para que un edificio con un sistema todo eléctrico y un sistema de generación fotovoltaica estará exportando energía a la red un 30% de las horas del año, es decir, el equivalente a 110 días completos (de 24 horas).

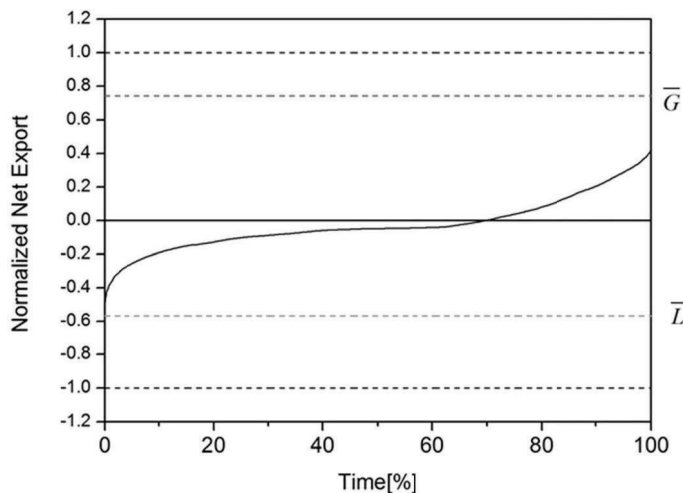


Figura 6. Curva monótona de la energía neta exportada. Edes=44 kW.

CONCLUSIONES

En el presente artículo se han presentado una serie de indicadores relevantes para la caracterización de los fenómenos de acoplamiento de la demanda e interacción en la red que se producen en edificios con una generación local de energía y especialmente relevantes para estudiar con más detalle los efectos en edificios de energía cero. Los valores horarios de factores de cobertura (tanto demanda como generación) proporcionan una visión de los efectos diarios y estacionales que los diferentes sistemas de generación pueden producir, así como la aplicación de diferentes estrategias de operación y control de los edificios, sistemas de almacenamiento, etc. También el uso de gráficas de contorno con ejes para las horas del día y los días del año, proporcionan una visión muy rápida y una fácil comprensión de la interacción de los edificios con la red eléctrica. La representación gráfica y los indicadores de múltiplo de generación o los normalizados en base a la capacidad de conexión son útiles para conocer el grado de uso de la capacidad de conexión, así como el porcentaje de tiempo en que se está exportando energía. Estos indicadores son adecuados para la caracterización de forma simple de los fenómenos de acoplamiento de la demanda e interacción en la red de edificios de energía casi nula y son sencillos de calcular en base a los resultados de simulaciones anuales horarias. Así mismo, se estima que son indicadores adecuados para evaluar la flexibilidad de un edificio en su interacción con la red.

RECONOCIMIENTOS

El trabajo presentado en este trabajo se ha desarrollado en gran medida en el contexto de la IEA, en el marco de la tarea conjunta de los programas Solar Heating and Cooling (SHC) Task40 and Energy Conservation in Buildings and Community Systems (ECBCS) Annex52: Towards Net Zero Energy Solar Buildings. Asimismo, este trabajo se ha desarrollado en el marco del Proyecto AIDA- Affirmative Integrated Energy Design Action; co-financiado por The Intelligent Energy Europe Program of the European Union (IEE/11/832/SI2.615932). La dedicación de Maria Leandra González Matterson a este trabajo de investigación ha sido parcialmente financiada por la ayuda PTA2011-5773-I del Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IEA TASK 40/ANNEX 52, 2008, *Towards Net Zero Energy Solar Buildings*, IEA SHC Task 40 and ECBCS Annex 52, <http://www.iea-shc.org/task40/index.html>, accessed 14/03/2014.

ICT-BT-10, 2002 *Previsión de cargas para suministros en baja tensión*. REBT - Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, RD 842/2002, B.O.E. Nº 224.

Salom, J., Widén, J., Candanedo, J., Sartori, I., Voss, K., & Marszal A., 2011: *Understanding Net Zero Energy Buildings: Evaluation of Load Matching and Grid Interaction Indicators*, Proceedings of Building Simulation 2011 Conference, pp. 2514-2521, Sydney.

Salom, J., Cubí, E. & Sartori, I., 2012, *Edificio de energía cero: definiciones e interacción con las redes energéticas*, Libro de Comunicaciones del I Congreso EECN - Edificios de Energía Casi Nula, pp. 25-30, Madrid.

Salom, J., Marszal, A., Candanedo, J., Widén, J., Lindberg, K.B. & Sartori, I., 2014, *Analysis o Load Match and Grid Interaction Indicators in Net ZEB with high resolution data*, IEA SHC Task 40 and EBC Annex 52, Subtask A Report, available on line: <http://task40.iea-shc.org/data/sites/1/publications/T40A52--LMGI-in-Net-ZEBs--STA-Technical-Report.pdf>

SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA BASADO EN HIDRÓGENO

Verónica Mesa Vélez-Bracho, Responsable de Ingeniería, Abengoa Hidrógeno

Cristina Lucero Martínez, Técnico, Abengoa Hidrógeno

Paula Sánchez Sobrini, Desarrollo de Negocio, Abengoa Hidrógeno

Marta T. Escudero Ávila, Técnico, Abengoa Hidrógeno

María Maynar Muñoz, Técnico, Abengoa Hidrógeno

Resumen: Los sistemas de almacenamiento de energía eléctrica basados en hidrógeno suponen una opción viable para mejorar la gestión energética en el sector de la edificación y urbanismo, e incrementar la implantación y uso de los sistemas de generación de energía eléctrica basados en fuentes renovables mediante su almacenamiento y uso posterior. Entre otras funciones, este sistema ofrece los siguientes servicios: Posibilidad de ser empleado como sistema de respaldo en aquellas zonas donde un corte en el suministro puede ser fatal. Posibilidad de funcionamiento en "Isla", es decir de forma independiente a la red pública, de algunos circuitos, por ejemplo la iluminación pública.

Palabras Claves: Almacenamiento, Energía, Energías, Hidrógeno, Renovables

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, una de las principales desventajas de la utilización y aprovechamiento de las energías renovables en el sector de la edificación y el urbanismo es la aleatoriedad de su oferta o la falta de alineamiento de ésta con su demanda.

El hidrógeno es un gas combustible que está considerado un vector energético dada su capacidad de almacenamiento y transporte de energía. Así, en este tipo de instalaciones, la energía eléctrica renovable producida puede ser empleada en un proceso de electrólisis para la separación de la molécula de hidrógeno en oxígeno e hidrógeno. De esta forma, la energía eléctrica es almacenada en forma química en el hidrógeno producido, que puede ser almacenado largos periodos.

Posteriormente, el hidrógeno puede emplearse en combinación con oxígeno para la obtención de energía eléctrica, ya sea en un motor de combustión o en una pila de combustible, obteniendo como resultado vapor de agua, y por lo tanto, una emisión de productos contaminantes nula.

En conclusión, emplear hidrógeno como almacenamiento de energía en combinación con energías renovables tiene muchas ventajas, las principales se enumeran a continuación.

- No produce contaminación: el hidrógeno se toma del agua y luego se oxida y se devuelve al agua. No hay productos secundarios ni tóxicos de ningún tipo que puedan producirse en este proceso.
- Seguridad: en muchos casos, el hidrógeno es más seguro que otros combustibles que reemplaza. Además de dispersarse rápidamente en la atmósfera si se fuga, el hidrógeno, en contraste con los otros combustibles, no es tóxico en absoluto.
- Alta eficiencia en su conversión: las pilas de combustible convierten la energía química contenida en el hidrógeno directamente a electricidad, con mayor eficiencia que ningún otro sistema de energía.

SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA BASADO EN HIDRÓGENO

El empleo del hidrógeno como almacenamiento en el sector de la edificación consiste en usar este como vector energético, almacenando en forma de hidrógeno la energía eléctrica procedente de la instalación eléctrica o de fuentes renovables en periodos de pico de producción. El hidrógeno se produce mediante el aporte de electricidad y agua a un sistema llamado electrolizador, que separa la molécula de hidrógeno del agua. El hidrógeno producido puede tener varios usos:

- Producción de electricidad mediante el uso del hidrógeno en una pila de combustible.
- Utilización directa del hidrógeno.

En ambos casos el uso del electrolizador servirá para a gestión de cargas del sistema, estabilizando la red local del edificio o urbanización.

La Figura 1 muestra el sistema para el caso de la conversión del hidrógeno en energía eléctrica mediante una pila de combustible o un motor de combustión. La electricidad producida volverá a ser inyectada al anillo de potencia eléctrica para el apoyo en periodos de picos de demanda.

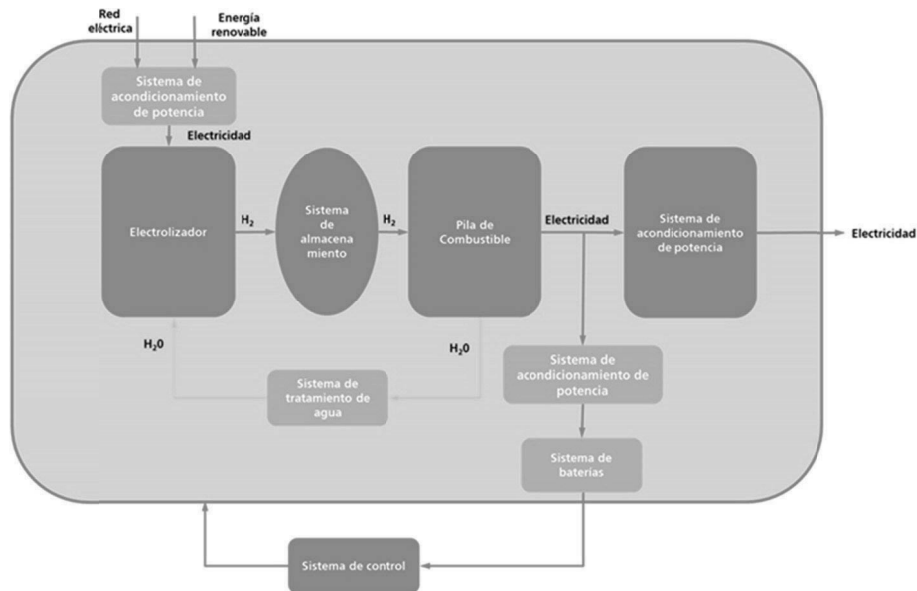


Figura 1. Diagrama del sistema de producción, almacenamiento de hidrógeno y su posterior uso en una pila de combustible.

Este sistema puede ser utilizado en las siguientes funciones:

- Sistema de back-up. Sistema de emergencia para la seguridad del suministro. El sistema entra en acción, alimentando a las cargas, ante un fallo de la fuente principal de energía. El sistema está situado entre la fuente de potencia eléctrica, la fuente renovable o anillo de potencia y el centro de consumo, permaneciendo en funcionamiento en todo momento. Dan estabilidad y seguridad del suministro.
- Integración directa con energías renovables. La alimentación eléctrica procedente de fuentes renovables proporciona en todo momento una energía limpia. Permite el desacoplamiento

entre la producción y el consumo; almacenamiento de excesos de producción, aportando estabilidad y seguridad del suministro renovable.

Otra opción existente es la utilización del hidrógeno producido de forma directa. Se plantea la posibilidad a futuro de emplear parte del hidrógeno como combustible de los vehículos del edificio o urbanización. Esta opción estará condicionada por el avance tecnológico del hidrógeno en la automoción, actualmente son muchos fabricantes automovilísticos los que apuestan por vehículos eléctricos mediante el uso del hidrógeno como combustible tratado en una pila de combustible.

- El sistema de almacenamiento de energía propuesto supondría las siguientes mejoras en el sector de la edificación:
- Integración con renovables, estabilizando y mejorando el suministro. Además, permite compensación de fluctuaciones en la red inyectando energía cuando es necesario, por ejemplo en picos de potencia demandada. Facilitando la presencia de la generación distribuida.
- Posibilidad de que cada bloque de vivienda tenga un sistema de almacenamiento integrado con renovable.
- Evita o aplaza la inversión en infraestructura de transporte y distribución, debido a que el incremento de potencia de una red puede cubrirse con almacenamiento energético.
- Disponibilidad de almacenamiento de energía como sistema de respaldo, en aquellas zonas donde un corte en el suministro puede ser fatal.
- Posibilidad de funcionamiento en "Isla", es decir de forma independiente a la red pública, de algunos circuitos, por ejemplo la iluminación pública.

Estado del arte de la electrólisis de agua

Un electrolizador es el equipo donde se produce hidrógeno a partir del proceso de electrólisis.

Este proceso tiene lugar en las celdas electrolíticas, que son el elemento principal del equipo, y que están compuestas por dos electrodos y un electrolito. El electrolito es el medio por el cual se conducen los electrones liberados de un electrodo a otro, y puede ser líquido (alcalino o ácido) o sólido (polimérico u óxido sólido). La ecuación química general que se produce en el proceso de electrólisis es la siguiente:



Existen diferentes tipos de electrolizadores. Según el tipo de electrolizador, las diferentes reacciones químicas que se producen en el cátodo y ánodo son las mostradas en la Figura 2.

	Carga transportada	Reacción en el cátodo	Reacción en el ánodo
E. alcalino	OH ⁻	2H ₂ O + 2e ⁻ → H ₂ + 2OH ⁻	2OH ⁻ → H ₂ O + 1/2O ₂ + 2e ⁻
E. PEM	H ⁺	2H ⁺ + 2e ⁻ → H ₂	H ₂ O → 1/2O ₂ + 2H ⁺ + 2e ⁻
E. óxido sólido	O ²⁻	H ₂ O + 2e ⁻ → H ₂ + O ²⁻	O ²⁻ → 1/2O ₂ + 2e ⁻

Figura 2. Reacciones en los diferentes tipos de electrolizadores.

Las celdas electrolíticas se unen formando stacks, que son elementos pasivos. Para que el proceso tenga lugar, el equipo debe contar con diferentes subsistemas que adecúen las distintas corrientes de entrada y salida, así como la corriente eléctrica que da lugar al proceso.

Descripción de la tecnología de electrólisis PEM

A día de hoy, la tecnología más prometedora para este tipo de aplicaciones es la tecnología de electrólisis PEM. Los electrolizadores de membrana polimérica son presentados habitualmente como una interesante alternativa a los electrolizadores alcalinos. Entre sus ventajas respecto a tecnologías tradicionales se encuentran: grandes eficiencias energéticas, altos ratios de producción y un diseño más compacto.

La estructura general de una celda electrolítica de un electrolizador PEM presenta la configuración mostrada en la Figura 3.

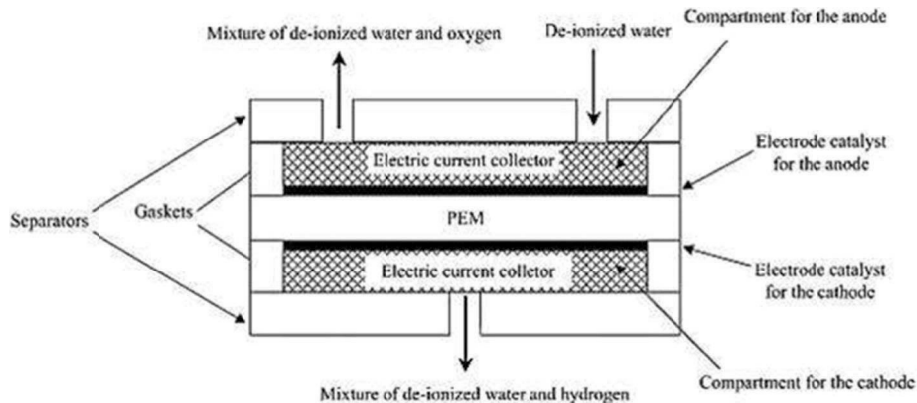
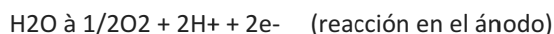
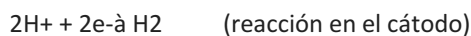


Figura 3. Esquema general de una celda electrolítica de un electrolizador PEM.

Las celdas electrolíticas que usa este tipo de electrolizadores tienen un diseño prensado. En él no se requiere la circulación electrolítica, debido a que el electrolito es una resina sólida de intercambio iónico. En dicha resina, a ambos lados están incrustados los electrodos. Entre las celdas electrolíticas se interpone una placa ondulada que proporciona la continuidad eléctrica entre una celda y la siguiente, mientras se produce el proceso de separación del hidrógeno y del oxígeno en las celdas adyacentes. Este tipo de celdas son normalmente enfriadas mediante la circulación de agua a través de la cavidad existente entre el separador de metal y el electrodo, que a su vez arrastra hacia el exterior el hidrógeno y oxígeno producidos.

El proceso de electrólisis del agua en este tipo de electrolizadores se inicia con el suministro de agua en el ánodo. Los protones son transportados a través de la membrana hacia el cátodo. En el cátodo, los electrones y protones (H^+) se combinan para dar el hidrógeno en forma de gas. Estos procesos llevan consigo asociadas las siguientes reacciones:



Este tipo de electrolizadores tiene una serie de ventajas, como son:

- Es una tecnología muy conocida a nivel teórico, encontrándose en desarrollo para la gran escala.
- La membrana o diafragma del electrolito puede ser muy fina, permitiendo una alta conductividad; a su vez, acerca los electrodos y permite la separación de gases.

- Ofrece la oportunidad de trabajar a elevadas presiones y temperaturas.
- Admite transitorios en la potencia de entrada.
- Requieren menos mantenimiento.

A nivel nacional, son varios los proyectos demostrativos existentes, en los que se integra una fuente de energía renovable (fotovoltaica y eólica principalmente) con la producción de hidrógeno.

CONCLUSIONES

Los sistemas de almacenamiento de energía eléctrica basados en hidrógeno suponen una opción viable para mejorar la gestión energética en el sector de la edificación y urbanismo, e incrementar la implantación y uso de los sistemas de generación de energía eléctrica basados en fuentes renovables mediante su almacenamiento y uso posterior.

El sistema propuesto está basado en la producción de hidrógeno mediante el proceso de electrólisis, que es una tecnología madura, que consiste en el empleo de energía eléctrica para la separación de la molécula de agua en hidrógeno y oxígeno, pudiendo volver a transformar la energía almacenada en energía eléctrica mediante pilas de combustible o motores de combustión,

Entre otras funciones, este sistema ofrece los siguientes servicios:

- Posibilidad de ser empleado como sistema de respaldo en aquellas zonas donde un corte en el suministro puede ser fatal.
- Posibilidad de funcionamiento en "Isla", es decir de forma independiente a la red pública, de algunos circuitos, por ejemplo la iluminación pública.

SOLUCIONES DE INTEGRACIÓN FOTOVOLTAICA EN EDIFICIOS: HACIA EDIFICIOS DE BALANCE ENERGÉTICO CERO

Laura Fernández, Dpto. Marketing, Onyx Solar

Teodosio del Caño, Director Técnico, Onyx Solar

Daniel Valencia, Dpto I+D+i, Onyx Solar

Leonardo Casado, Dpto I+D+i, Onyx Solar

Cristina Fernández, Business Development, Onyx Solar

Isabel Sánchez, Onyx Solar

Resumen: Uno de los objetivos marcados por la UE para el Horizonte2020 es la lucha contra el cambio climático. En este sentido, se han articulado diversas políticas de ahorro energético como las dirigidas a “edificios de balance energético cero” donde las fuentes de generación de energía renovables son esenciales. La integración fotovoltaica en edificios, conocida en por sus siglas en inglés BIPV (Building Integrated Photovoltaics), permite alcanzar este objetivo al generar electricidad limpia y gratuita gracias al sol en el mismo punto de consumo. El material de construcción fotovoltaico de Onyx Solar tiene propiedades multifuncionales que mejoran la eficiencia energética del edificio proporcionándole un mayor aislamiento térmico y acústico, permitiendo ahorros gracias al paso de la luz natural, aumentando el confort interno de los usuarios filtrando las radiaciones solares dañinas para la salud y reduciendo las emisiones de CO₂.

Palabras Claves: Edificios de balance energético cero, Eficiencia energética, Integración fotovoltaica en edificios, Material de construcción fotovoltaico

INTRODUCCIÓN

El actual modelo de consumo energético basado en la utilización de combustibles fósiles es totalmente insostenible. No sólo porque la creciente demanda de energía está reduciendo las reservas, sino por las claras evidencias de impacto medioambiental (emisión de gases contaminantes, calentamiento global, etc.) que de su uso se derivan. En concreto, los edificios son los responsables de más del 40% del consumo final de energía y del 70% de la electricidad demandada. Una electricidad que se genera a grandes distancias de los lugares de consumo y de la que aproximadamente el 15% se pierde en su distribución. Para solucionar ese problema, es necesario apostar por medidas que nos permitan un ahorro energético, una mayor eficiencia de los recursos empleados, y la posibilidad de un modelo de Generación Distribuida a través de pequeñas instalaciones que generan electricidad donde más se necesita, en los edificios de nuestras ciudades.

Esta problemática actual ha propiciado una mayor concienciación y un cada vez más extendido compromiso gubernamental de cara a aplicar políticas de ahorro energético y el fomento del uso de las energías renovables. Dentro de este marco, se publicó la Directiva Europea 2002/91/CE de Ahorro Energético en Edificios (European Energy Performance of Buildings Directive-EPBD), ya derogada y sustituida por la nueva directiva 2010/31/UE, que junto con el SetPlan2020 (Strategic Energy Technology Plan) tienen como objetivo disminuir la demanda energética por edificio a un valor crítico de 70 kWh/m² para el año 2020, además de reducir un 20% el consumo energético primario en la UE, reducir un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero desde el año 1990 y elevar la contribución de las energías renovables al 20% del consumo total. En esta coyuntura, el mercado de la edificación sostenible (Green Building) ha crecido exponencialmente en los últimos 5 años y conceptos como edificios de balance neto (Zero-Net Energy), edificios de emisiones neutras (carbon neutral buildings) o estándares Passivhaus son ya cotidianos dentro del sector de la edificación como buenas prácticas arquitectónicas.

Teniendo en cuenta la situación descrita con anterioridad y los compromisos en materia de energía que la UE ha prefijado para el 2020, la presente comunicación pretende demostrar la aplicación de las tecnologías solares de integración arquitectónica BIPV (Building Integrated Photovoltaics) en edificios ya existentes como medida de rehabilitación o para edificios de nueva construcción que combina propiedades activas y pasivas en materia de eficiencia energética.

Soluciones Constructivas Multifuncionales con Propiedades Activas-Pasivas: Building Integrated Photovoltaics

En lo que se refiere al Sector de la Energía Solar Fotovoltaica y sus aplicaciones en edificación, hasta la fecha se ha optado por la inversión en productos estándares de bajo coste cuyo principal valor añadido radica en la generación de energía eléctrica sin prestar atención a su aspecto estético final en el edificio. Fruto de esta situación, tecnologías emergentes BIPV comienzan a penetrar en el mercado de nueva construcción y de la rehabilitación mediante la sustitución de elementos constructivos convencionales por soluciones constructivas fotovoltaicas multifuncionales que combinan propiedades activas, como la capacidad para generar energía fotovoltaica in-situ, con otras pasivas, asociadas al confort interno y a la mejora de la envolvente como la filtración de la radiación ultravioleta e infrarroja, el aislamiento térmico y acústico, el paso homogéneo de la luz natural y la reducción las emisiones de CO2 a la atmósfera.



Figura 1. Soluciones activas y pasivas.



Figura 2. Propiedades multifuncionales de las soluciones de Onyx Solar.

PROYECTO, MATERIAL Y MÉTODOS

En este sentido, Onyx Solar ha desarrollado diversas soluciones constructivas fotovoltaicas como lucernarios, fachadas ventiladas, muros cortina, marquesinas, parkings o suelos transitables entre otras. Como ejemplo de un caso real de lucernario fotovoltaico, a continuación se explica el proyecto del Edificio LUCIA en Valladolid.

El edificio Lanzadera Universitaria de Centros de Investigación Aplicada (LUCIA) forma parte de las infraestructuras del Campus Miguel Delibes de la Universidad de Valladolid (UVA). Se trata de un edificio sostenible donde la energía se produce mediante un sistema de trigeneración con biomasa que genera la electricidad necesaria, calefacción, agua caliente y refrigeración. Se utiliza también energía

fotovoltaica en la que ha colaborado Onyx Solar con dos lucernarios y pozos geotérmicos. Se genera así un Edificio de Energía Nula, donde todas las energías utilizadas son renovables.



Figura 3. Izquierda: Lucernario Fotovoltaico transparente, edificio Lucia. Derecha: Edificio Lucia.

El edificio opta a certificación LEED PLATINO (leadership in Energy and Enviromental Desing) y calificación superior a cuatro hojas en la herramienta VERDE (GBCEspaña). Además, ha recibido uno de los Premios de Construcción Sostenible promovidos por la Junta de Castilla y León y aspira ser un referente europeo de construcción energéticamente eficiente al ser un edificio "cero emisiones".

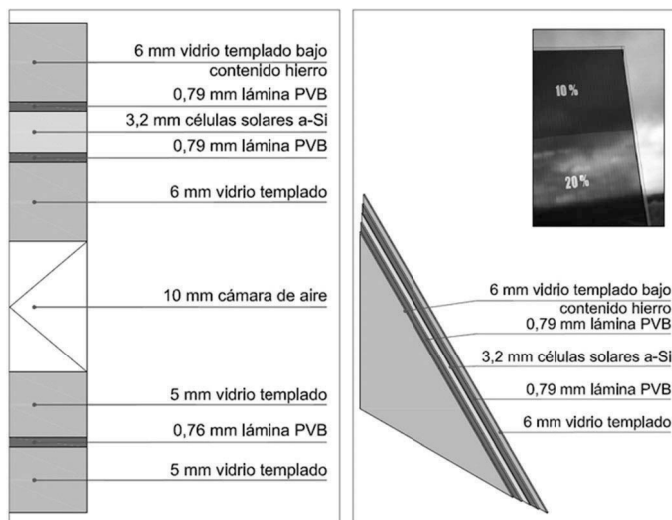


Figura 4. Configuración del vidrio.

¿Qué aportan nuestras soluciones?

La entrada de luz natural es uno de los sistemas de ahorro energético más eficiente. Nuestros vidrios fotovoltaicos semitransparentes reducen la iluminación artificial necesaria para llenar de luz un espacio y actúan como filtro solar absorbiendo gran parte de la radiación ultravioleta e infrarroja. Además, la cámara de gas que forma parte de la estructura del vidrio optimiza el rendimiento térmico del producto. En otras palabras, un lucernario fotovoltaico aporta soluciones multifuncionales mediante las cuales no sólo se genera electricidad in-situ, sino que además facilita una iluminación natural gracias al solar

mejorando el confort interior de los ocupantes del edificio y evita el envejecimiento prematuro de los materiales.

¿Qué metodología y material se han implementado?

Para esta modulación de lucernario se ha diseñado un triple vidrio laminado con cámara de aire y doble vidrio laminado interior de dimensiones 2120 x 1245 mm (ver configuración del vidrio en figura 4). El grado de transparencia del vidrio fotovoltaico es del 10% con una potencia instalada de 42 Wp/m². Esta transparencia es elegida en función de la configuración del lucernario para asegurar el mayor grado de confort térmico interior (para el sol de verano, muy vertical, se necesita un grado de transparencia menor, que absorba en mayor medida la radiación solar).

RESULTADOS

En el siguiente cuadro se muestran los valores de la intervención realizada con tecnología de silicio amorfo y un grado de transparencia del 10% en las superficies de los lucernarios (norte y sur) del edificio LUCIA.

Edificio LUCIA	Localización		Superficie		Potencia instalada		Energía producida
	Orientación	Inclinación	m ² /ud.	m ² /tipo	Wp/ud	Wp/tipo	kWh/año
Integr: a-Si 10%							
Lucernario Norte	145°	≤5°	2,64	63,3	42	2660,5	2818
Lucernario Sur	-35°	≤5°	3,38	40,5	42	1703,0	2039
Lucernario Sur	-35°	90°	3,38	20,3	42	851,5	695
TOTAL				124,2	Wp/m²	5215,0	5552

Figura 5. Tabla de estimación de energía producida al año.

Considerando el resultado conjunto de ambas intervenciones -superficie total de 124,2 m², potencia nominal instalada de 5.215,0 Wp-, a través de la tecnología fotovoltaica se alcanzaría una producción total de energía de 5.552 kWh/año. Esta energía generada por la instalación fotovoltaica tendría una repercusión en 277.600 horas de luz, (Cálculo realizado con bombillas de bajo consumo de 20W-intensidad de luz equivalente a una bombilla incandescente tradicional de 100W-)

Por otra parte, extrapolando la producción anual de la propuesta y adecuándola a los datos de “mixing” energético extraídos del informe de la IEA para España (International Energy Agency, 0,67 Kg CO₂/kWh) esta instalación garantiza evitar la emisión anual de 3,7 Toneladas de CO₂.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En la presente comunicación se ha tratado de dar una visión general de la integración arquitectónica de soluciones solares fotovoltaicas en edificios y se ha expuesto un caso real de integración de un lucernario fotovoltaico en un edificio de nueva construcción donde se ve como Onyx Solar ha contribuido con sus vidrios fotovoltaicos a realizar una edificación sostenible. En este sentido, se ha tratado de demostrar la perfecta alineación de la tecnología de Onyx Solar con las principales políticas energéticas vigentes en la UE en materia de cambio climático.

AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICO

Núria Sanglas, SMA Ibérica Tecnología Solar S.L.U.
Francesc Filiberto, SMA Ibérica Tecnología Solar S.L.U.

Resumen: La reducción de costes en las instalaciones fotovoltaicas ha provocado que, en la actualidad, la energía producida con esta tecnología sea ya competitiva. El coste de producir energía mediante tecnología fotovoltaica es ya inferior al precio de la electricidad que paga el consumidor. Por tanto, el autoconsumo fotovoltaico, definido como la capacidad de producir, gestionar y consumir la energía generada mediante energía fotovoltaica, se ha convertido en una herramienta de ahorro y eficiencia energética. Aunque el marco regulatorio en España no está completamente desarrollado, ya es posible realizar instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo. Se presenta la propuesta de SMA para la gestión de la energía a través del concepto SMA Smart Home, donde se realiza una gestión inteligente de los consumos y de la instalación fotovoltaica, gracias a una integración de la previsión meteorológica y del control de las cargas gestionables.

Palabras Claves: Ahorro, Autoconsumo, Eficiencia, Energía, Fotovoltaica

INTRODUCCIÓN

La energía solar fotovoltaica es una tecnología limpia, inagotable y silenciosa. Además, es una forma de producción energética muy versátil pues permite realizar instalaciones de cientos de megavatios conectadas a la red de transporte así como pequeñas instalaciones de pocos vatios en el tejado de cualquier construcción.

La tecnología fotovoltaica no sólo es una alternativa a las grandes centrales de producción de energía sino que también es capaz de producir energía en el punto de consumo evitando, así, las pérdidas que se producen en la red de transporte y distribución. Por ejemplo, a través de una instalación en la cubierta de un centro comercial, una industria, un hospital o un hotel.

La capacidad de integración de la tecnología fotovoltaica en la red eléctrica ya está demostrada. En Alemania, con un pico de demanda de potencia de 60 GW en 2012, la fotovoltaica contribuyó en un 45% sin afectar a la estabilidad. En Italia esta cobertura es del 38% y en España del 17%. Es evidente que el potencial del mercado fotovoltaico en España es muy alto. En la siguiente figura se puede ver la contribución de la fotovoltaica al consumo eléctrico en algunos países europeos en 2012.

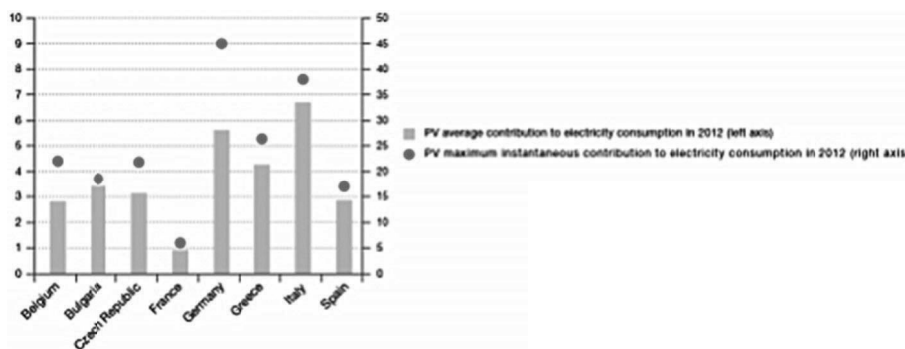


Figura 1. Contribución media y máxima de la fotovoltaica al consumo eléctrico en 2012. (Fuente: EPIA 2013).

Aunque ya existían otros planes de fomento de las renovables en la década de los 90, fue el Plan de Energías Renovables (PER) del 2005 en España y la Ley de Energías Renovables (EEG) del 2009 en Alemania los que favorecieron definitivamente la implantación de esta tecnología bajo un esquema de tarifa fija para la inyección de energía conocida por sus siglas en inglés FIT (Feed-in-Tariff). Posteriormente, el resto de los países europeos crearon también el entorno legal para facilitar su desarrollo: Italia, Grecia, Republica Checa, Francia, Bélgica, Reino Unido, Rumania, etc.

Mediante la FIT se asigna una tarifa con una prima a la energía producida por una instalación fotovoltaica garantizando que la inversión realizada se puede recuperar en un periodo de tiempo razonable y fomentando así la inversión y el desarrollo de proyectos.

Las políticas energéticas de todos estos países han ayudado no sólo a la divulgación del conocimiento de las energías renovables sino también al desarrollo de la industria fotovoltaica y, como consecuencia, a una importante reducción de costes a nivel global. La siguiente figura muestra la evolución del precio del módulo fotovoltaico desde 1976.

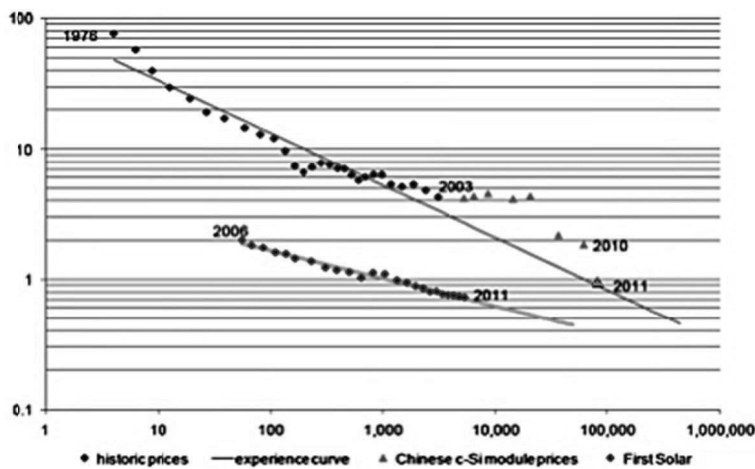


Figura 2. Evolución del precio del módulo fotovoltaico (Fuente: BNEF 2011).

Esta reducción de costes en las instalaciones fotovoltaicas ha provocado que, en la actualidad, la energía producida con esta tecnología sea ya competitiva en muchos países sin necesidad de esquemas FIT. El coste de producir energía o LCOE (Levelized Cost of Energy en inglés), mediante tecnología fotovoltaica es ya inferior al precio de la electricidad que paga el consumidor.

Cuando el LCOE de la fotovoltaica iguala al precio de la electricidad se alcanza la Paridad de Red (Grid Parity en inglés), como se observa en la siguiente figura:

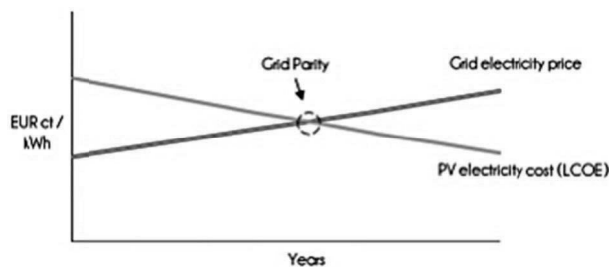


Figura 3. Paridad de Red. (Fuente: ECLAREON 2013).

Existen dos tipos de paridad de red: la paridad con el coste de la electricidad en el punto de producción y la paridad con el precio de la electricidad en el punto de consumo. Este documento se centrará en la paridad de red en el punto de consumo. Una instalación fotovoltaica en la cubierta de un hotel, una industria o un comercio es competitiva con el precio de la energía comercializada por la compañía eléctrica. De este modo, el consumidor puede reducir los costes energéticos produciendo su propia energía. Este concepto es conocido como autoconsumo.

EL AUTOCONSUMO

El autoconsumo fotovoltaico es la capacidad de producir, gestionar y consumir la energía generada mediante energía fotovoltaica, ya sea con o sin acumulación de la misma.

Se puede diferenciar dos tipos de autoconsumo: autoconsumo total, en el que la energía producida se consume totalmente en la red interior donde se encuentra la instalación fotovoltaica y autoconsumo parcial, en el que la energía producida no se consume totalmente de manera instantánea. Si existe energía sobrante, esta se puede verter a la red o almacenar para su uso posterior.

Dentro del autoconsumo parcial existe la modalidad de balance neto que es un sistema de compensación de saldos de energía de manera instantánea o diferida y permite verter a la red eléctrica el exceso producido por un sistema de autoconsumo con la finalidad de poder hacer uso de ese exceso en otro momento.

Las instalaciones de autoconsumo más eficientes serán aquellas en las que se alcanza una elevada cuota de autoconsumo y por tanto no se producen excedentes o éstos son muy reducidos. Se trata de instalaciones en consumidores con nivel de actividad mínima constante tales como hoteles, restaurantes, comercios, granjas, etc. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de una instalación de autoconsumo sin excedentes.

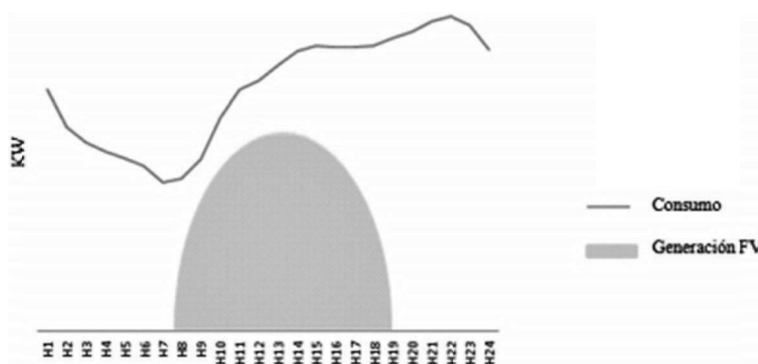


Figura 4. Curva perfil de consumo y de generación fotovoltaica con cuota de autoconsumo del 100%.

Otro factor a considerar para analizar la viabilidad de la instalación de autoconsumo es la tarifa eléctrica del consumidor. Como la producción fotovoltaica se concentra en las horas centrales del día, las tarifas eléctricas más interesantes serán aquellas que tienen costes altos en estas franjas horarias, como por ejemplo la 3.0A. Algunas tarifas, en cambio, tienen costes diferentes para días no laborales, como la 3.1A o la 6.1A, factor que puede disminuir la rentabilidad de la instalación de autoconsumo.

SMA SMART HOME

Desde SMA, dentro del llamado Smart Home Concept, se proponen soluciones para aumentar el grado de autosuficiencia gestionando de manera inteligente la generación fotovoltaica, las cargas de consumo y el almacenamiento.

El primer paso es incorporar un gestor energético, Sunny Home Manager, que analiza consumos, integra previsiones meteorológicas, controla cargas gestionables y la generación fotovoltaica. Este equipo permite, también, la completa monitorización de los flujos energéticos: energía producida, energía consumida y exportación/importación de la red.

Como se puede ver en la figura 6, el gestor energético recomienda acciones a los dispositivos gestionables según el perfil de carga típico de la vivienda, la previsión meteorológica local y la previsión de generación fotovoltaica. De esta manera, las cargas son activadas en el momento óptimo y de forma totalmente predecible.

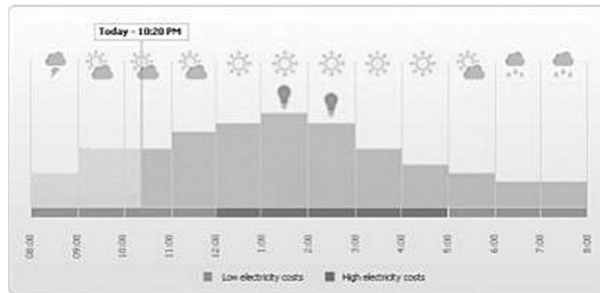


Figura 5. Previsión de generación fotovoltaica y de las acciones recomendadas.

Los dispositivos eléctricos de la vivienda son controlados por el gestor energético mediante radiofrecuencia. Basado en el criterio del usuario, el gestor energético puede activar remotamente cargas tales como lavadoras, lavavajillas, bombas de piscina, etc. En la siguiente figura se muestra el gestor energético manteniendo una carga en operación y la otra en espera.

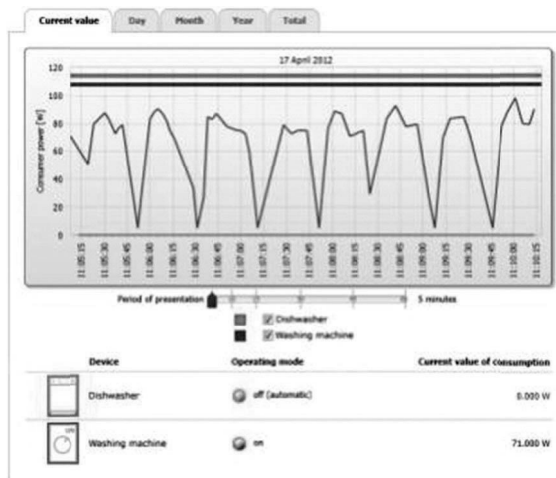


Figura 6. El balance energético indica la duración de operación y el nivel de carga de varias cargas controladas remotamente.

Mediante el gestor energético se puede, en definitiva, aumentar el grado de autosuficiencia activando las cargas en función de la energía fotovoltaica disponible.

En la figura 7 se muestra el efecto sobre el grado de autosuficiencia al incorporar un gestor energético y trasladar picos de consumo del exterior al interior de la curva de generación solar.

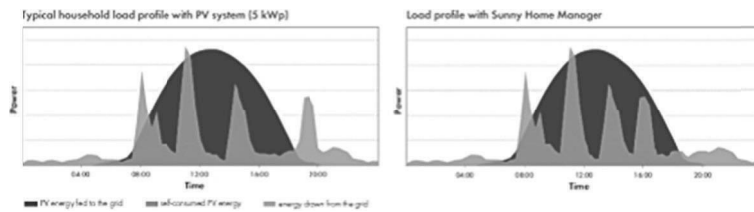


Figura 7. Efecto sobre el grado de autosuficiencia al incorporar un gestor energético.

El siguiente paso, que se muestra en la figura 8, sería incorporar un equipo con capacidad de almacenamiento, como el Sunny Boy Smart Energy. En este caso parte de la energía producida en las horas centrales del día es almacenada en una batería y usada bien por la noche cuando ya no hay generación fotovoltaica o bien a la mañana siguiente para cubrir ciertos picos de consumo.

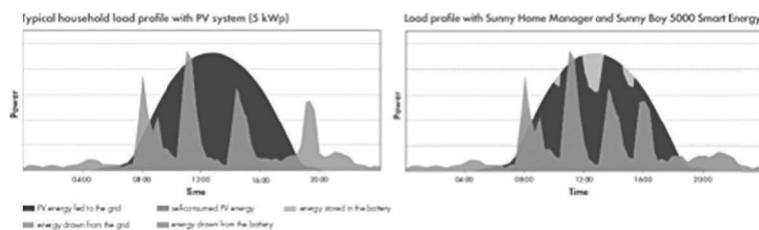


Figura 8. Efecto sobre el grado de autosuficiencia al incorporar un gestor energético y almacenamiento.

CONCLUSIONES

Debido a la continua reducción del precio de los componentes de las instalaciones fotovoltaicas ya se ha alcanzado la paridad de red en España. Las instalaciones fotovoltaicas han pasado de ser una inversión financiera a ser una herramienta de ahorro y eficiencia energética. En los próximos años la rentabilidad de estas instalaciones será aún superior pues su coste sigue disminuyendo y la tendencia del precio de la energía eléctrica es ascendente.

El próximo reto que tienen las instalaciones fotovoltaicas es su completa integración en la red eléctrica, mediante la gestión dinámica de red, gestión inteligente de cargas y su contribución a la estabilidad de la red eléctrica.

REFERENCIAS

BNEF University (2012): *Breakthroughs in Solar Power*. Bloomberg | New Energy Finance.

ECLAREON (2013): *PV Grid Parity Monitor 2*. Eclareon.

EPIA (2013): *Global Market Outlook for Photovoltaics 2013-2017*.

INTEGRACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS EDIFICIOS CON VALORES PATRIMONIALES ARQUITECTÓNICOS

David Mencías Carrizosa, Investigador, ETSAM - UPM
Margarita Arroba Fernández, Profesora Titular, IE Universidad
José Antonio Meneses Navarro, Investigador, ETSAM - UPM
Jorge de Andrés Marcos, Profesor Asociado, IE Universidad

Resumen: Con el objetivo de los edificios de energía casi nula, la incorporación de energías renovables es prácticamente indispensable. Sin embargo, la integración de este tipo de energías en edificios con valores patrimoniales, presenta una serie de problemas de orden técnico, que hay que evaluar a la hora de seleccionar el tipo de energía más adecuado. Se analiza diversas dificultades que conlleva la incorporación de los elementos productores de energía de origen renovable en este tipo de edificios y se analiza las consecuencias que producen sobre los valores de edificios que merecen ser conservados, en especial cuando dichos valores se ven relegados por otros de carácter económico o técnico.

Palabras Claves: Autoconsumo, Integración, Patrimonio, Rehabilitación energética, Renovables, Restauración

INTRODUCCIÓN

Para la consecución de edificios de consumo energético prácticamente nulo, la incorporación de energías renovables es imprescindible. Bien sea para el autoabastecimiento (en zonas donde la distribución es complicada) o bien para volcar al servicio de distribución los excedentes de la producción, desde el punto de vista exclusivamente de los sistemas no supone ninguna dificultad. Esto se comprueba en la relativa sencillez técnica que tienen los proyectos de instalaciones productoras de energía mediante fuentes renovables, salvo el caso de la geotermia por las implicaciones en el terreno y en el agua subterránea. Prueba de ello es el enorme desarrollo que del sector de la producción energética (especialmente la eléctrica) ha tenido en los últimos años.

La incorporación en edificios de nueva planta, añade la complejidad propia del trazado de las redes en un espacio determinado y su compatibilidad con otros usos, que son generalmente los principales. En este sentido, la dificultad técnica reside exclusivamente en organizar y coordinar los diferentes aspectos del edificio (funcionales, de diseño, urbanísticos, técnicos, etc.), que en muchos casos no son tenidos en cuenta, para mejora del edificio terminado. A la hora de intervenir en un edificio existente, las dificultades se multiplican dado que la gran libertad que disfrutaba el proyectista en el caso anterior, se ve reducido por la presencia del edificio. Generalmente, salvo condicionantes estructurales importante, dichos condicionantes se pueden ir matizando para la incorporación del sistema de producción energética por renovables. Buen ejemplo de estos temas son los proyectos nacionales y europeos demostrativos que se encuentran en desarrollo sobre edificios construido.

Sin embargo las dificultades se maximizan en el caso de edificios patrimoniales e históricos. Para preservar estos valores, tal y como se expresan en las diferentes instituciones internacionales como el caso de ICOMOS en la carta de Cracovia de 2000, debe partir de "la intención de la conservación de edificios históricos y monumentos, estén estos en contextos rurales o urbanos, es mantener su autenticidad e integridad, incluyendo los espacios internos, mobiliario y decoración de acuerdo con su conformación original". En estos casos, los factores que deben primar sobre todo los demás son los valores presentes en la edificación, frente a los económicos o técnicos.

PRODUCCIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE FUENTES RENOVABLES

La instalación de producción energética en edificios con valores patrimoniales, deben tener en cuenta diversas consideraciones en función del tipo de instalaciones, a pesar de que algunas son comunes, donde cabe destacar por un lado, la situación de la sala de calderas y por otro la distribución de la red por el interior del edificio.

Partiendo de un edificio que ya dispone de instalación de producción de energía térmica, las dificultades para la incorporación de un nuevo sistema de producción será menor. Especialmente sencillo es la sustitución de una caldera por otra, que use combustible renovable o la conexión con un intercambiador existente.

En relación a la distribución, el cambio de recorridos en la distribución puede provocar la alteración del espacio interior, el aspecto o el amueblamiento en el caso de que queden vistas. Para intentar ocultarlas, es prácticamente imprescindible la perforación de nuevos pasatubos, patinillos y pasos, por lo que se producirá la alteración de la tabiquería interior.

Energía solar térmica

Entre los modelos existentes de captadores solares térmicos, destacan los paneles solares de vacío y los paneles solares planos, como los más habitualmente instalados. Las diferencias entre ellos, a la hora de evaluar las repercusiones que tiene en el edificio donde se instalan, no son significativas. Habitualmente, la zona donde se suelen instalar los captadores suele ser en cubierta debido a que la integración arquitectónica en un edificio protegido es muy difícil de realizar y que la superposición en paramentos verticales prácticamente modifica el aspecto exterior de la edificación.

En edificios con demandas importantes, la instalación suele estar compuesta por módulos—elementos, pero lo más habitual suele ser sistemas compactos o monoblock que comprenden en un solo cuerpo el panel o paneles solares (existen equipos monoblock con dos paneles) y el depósito primario de acumulación de agua caliente sanitaria. Estos sistemas compactos son más sencillos y fáciles de colocar por lo que sus costes iniciales son más bajos (por ejemplo, para su legalización sólo será necesaria una memoria descriptiva por parte del instalador cualificado).

Respecto a la integración en cubierta, el aspecto estructural sobre la cubierta existente es el determinante.

Mientras que el peso propio del panel no será significativo, lo que sí influirá de forma notable es, por una parte, la inclinación adoptada por el panel, por otra parte, el tipo de soporte utilizado y, finalmente, la estructura de cubierta existente. En cualquiera de los casos, la conexión entre panel y subestructura deberá ser elástica para evitar que las fluctuaciones de tamaño que el panel puede llegar a sufrir por las variaciones térmicas se transmitan a la estructura del edificio. Estas fluctuaciones pueden llegar a ser elevadas, sobre todo en los paneles térmicos y, dentro de estos, sobre todo en los que sean capaces de alcanzar mayores temperaturas.

En la parte superior del panel se fijará éste con dos ganchos más débiles que los de abajo puesto que no son de carga y sólo tienen como misión evitar el vuelco. Un caso particular a estudiar será el de los equipos monoblock que comprenden en un solo cuerpo el panel o paneles solares (existen equipos monoblock con dos paneles) y el depósito primario de acumulación de agua caliente sanitaria. En estos casos, la función de contrapeso viene ya realizada, al menos parcialmente, por el depósito acumulador. Sin embargo, hay que considerar que este depósito puede encontrarse vacío, por lo que habrá que calcular el peso del contrapeso para viento considerando únicamente el equipo sin agua y,

consiguientemente habrá que sumar al peso de este contrapeso el del agua contenida en el depósito y calcular la estructura existente con dicha carga.

En cubiertas inclinadas, cuando los paneles se encuentran superpuestos, el efecto del viento será el mismo que para la cubierta en su totalidad. En cambio, en el momento que éstos se coloquen buscando la inclinación óptima y no coincida con la de la cubierta (lo que ocurre en la mayor parte de la edificación salvo la de alta montaña), se producirán las mismas cargas que en el caso de cubiertas planas. Las cargas de cubierta, en el caso de las realizadas sobre tabiques palomeros, a efectos globales de la estructura, repercutirán directamente sobre el forjado horizontal de la planta inferior, por lo que las cargas afectarán a una superficie mayor y se puede suponer que se produce un efecto de “disipación”, es decir, los efectos de las cargas actuando en un área mayor son menores que en áreas más reducidas.

El porcentaje de reducción de coeficientes de seguridad es el incremento que deberemos aplicar a las cargas para dimensionar correctamente la estructura. Es pues obvio que, salvo que se adapte el panel a la cubierta para evitar los efectos del viento será necesario contemplar la incorporación de los paneles en el peritaje estructural y evaluar si la estructura es capaz de soportar los nuevos esfuerzos, lo que afectará constructiva y económicamente al edificio.

Energía mediante biomasa

Entre las tecnologías de combustión de biomasa a pequeña escala se encuentran fundamentalmente dos sistemas. El primero se trata de combustión de biomasa en parrilla plana, con propagación de calor desde la fuente generadora mediante aire, con eliminación de cenizas manuales mientras el segundo es la combustión en caldera en la que se incorpora un intercambiador para la producción de agua caliente que puede utilizarse tanto para calefacción como para generar agua caliente sanitaria.

La combustión en pequeña escala en estufas, es el sistema habitual de calefacción de muchos edificios tradicionales, por lo que la incorporación de la energía renovable se había realizado en el momento de su diseño y construcción. Por ello, no es necesario modificar ni incorporar nada y este tipo de edificios ya cuenta con un sistema renovable. Es cierto que este sistema no es ni el más eficaz ni el que logra un grado de confort mayor, que sin embargo es necesario sopesar, en pro de la no modificación del edificio.

En cambio, los sistemas de mayor tamaño, además de requerir salas de caldera de tamaño adecuado, requieren respiraderos o tomas de entrada de aire, que no son fácilmente adaptables. Por ello, es necesario que el edificio disponga inicialmente de un espacio que cumpla estos requisitos para evitar la apertura de huecos en fachadas o forjados.

Estos sistemas requieren silos o cámaras de almacenado de combustible para garantizar el suministro de biomasa al menos por varias semanas, desde donde el combustible se transporta a la caldera. Esto se puede realizar con cintas o tornillos sinfín que requiere que el depósito se encuentre adyacente a la sala de calderas o con mediante instalaciones neumáticas, que permiten mayor flexibilidad en el emplazamiento del silo pero que requieren también que no de existir curvas en la manguera presenten radios suaves.

El transporte del combustible puede suponer la mayor dificultad a la hora de instalar este sistema, ya que los requisitos son muy rígidos y un edificio protegido presenta enormes dificultades para su adaptación. Por otra parte el almacenaje también presenta serias dificultades de adaptación. Estas cámaras o silos deben construirse bien aislados contra la humedad y pueden constituir sectores de

incendio, incluso de alto riesgo si la carga de fuego acumulada es alta. Técnicamente la solución más conveniente es el almacenamiento exterior, ya sea por la falta de adaptación del edificio o bien por razones de protección al fuego. Esta opción también solventa el problema de las fuertes cargas que puede suponer el combustible sobre la estructura, que requiere inevitablemente de la intervención en la estructura. El almacenaje de un volumen de 2 m de altura de pellets supone 7 veces la carga de uso residencial y casi 3 el de espacios de pública concurrencia.

Otra dificultad importante es la instalación de la chimenea de evacuación de humos. Dado que en el proceso de la combustión de las calderas es necesario que los gases quemados salgan a una cierta temperatura mínima, los conductos deben estar convenientemente aislados, por lo que la dimensión de la chimenea aumenta considerablemente. La solución habitual de la salida de humos por fachada del edificio, queda automáticamente descartada para preservar los valores exteriores del edificio, aunque encontrar un espacio técnicamente viable en el interior, no es tarea sencilla. Este requisito puede descartar la solución del empleo de biomasa en la edificación.

Energía geotérmica

La producción energética mediante sistemas geotérmicos presenta la característica fundamental de que es necesario el intercambio con el terreno (ya que en este tipo de edificios la estructuras termoactivas casi se pueden descartar) por lo que la afección a este, es inevitable. Las cimentaciones históricas, suelen estar realizadas mediante materiales discretos, por lo que son especialmente sensibles a movimientos en el terreno y variaciones en sus características. Dada las técnicas constructivas habituales, la interferencia con las cimentaciones puede ser inevitable por lo que la única posibilidad es la perforación en espacio exterior lo suficientemente distante para evitar movimientos. Por ello, la instalación de este sistema pasa por disponer de un espacio exterior de suficiente dimensión para la realización de las perforaciones.

Los equipos necesarios (bombas de calor, vasos de expansión, depósitos de inercia, etc.) no requieren unos requisitos particulares, por lo que pueden instalarse en espacio existentes. Sin embargo, como se ha comentado anteriormente, la necesidad de disponer de espacio exterior en extensión suficiente, indica que la situación óptima sea en una construcción auxiliar, que permita albergar estos equipos. De esta manera, el edificio original se verá afectado exclusivamente por los colectores, que es más factible de instalar. La conexión con los sistemas de producción existentes, se puede realizar más cómodamente en la construcción auxiliar, lo que facilita también las tareas de mantenimiento y operación.

Pilas de hidrógeno

Otra fuente energética de tipo renovable que es posible que acabe siendo incorporada de forma masiva a los edificios – aunque no se prevé que sea de forma inminente en los próximos años – es la que proporciona las denominadas “pilas de hidrógeno” o “pilas de combustible”. En el ámbito donde este tipo de experiencias han logrado mayores éxitos es en el transporte, aunque diversos proyectos lo están trasladando a la edificación.

Al igual que en casos anteriores, la primera dificultad que se debe afrontar es tanto el peso del líquido almacenado como del recipiente. El almacenaje de 20.000 l de hidrógeno líquido supone un peso aproximado de 14 kN. A esto habrá que incrementar el peso del recipiente contenedor, que debiendo soportar altas presiones y bajas temperaturas, pueden ser espesores importantes de material, que lleve a pesos mayores. La solución pasa bien, por la posición directamente sobre solera (lo que implica tener un espacio disponible a nivel de la última planta, en contacto con el terreno) bien realizar un refuerzo estructural. Esta última opción, es la que más compleja desde el punto de vista de la intervención en el

edificio, y puede presentar que para su ejecución se deba alterar de forma significativa el estado original.

CONCLUSIONES

A partir de lo anteriormente expuesto, se puede extraer como principal conclusión que el autoabastecimiento energético (condición imprescindible para lograr edificios de consumo de energía casi nulo) aplicada a edificios protegidos o con valores patrimoniales, se encuentra con numerosas dificultades para su instalación.

Estos conflictos que aparecen entre la preservación de este tipo de edificios con la incorporación de un nuevo sistema de producción energética mediante renovables, puede hacer inviable la instalación. En función de qué tipo de energía se pueden atenuar o agravar las dificultades, que pueden llevar a descartar un determinado sistema. Las más importantes cabe concluir que se tratan de aumento de las cargas en la estructura original, modificación en las propiedades del terreno, modificación de la forma de trabajo de la cubierta o afección a tabaquerías y muros.

El estudio en profundidad de las posibilidades de actuación de un edificio, es el primer requisito para aceptar o no la inclusión de nuevos sistemas tecnológicos de producción energética, con la certeza de que se salvaguardan los valores y la integridad del edificio protegido.

REFERENCIAS

Arroba, M. & Mencías, D. 2008. *Integración arquitectónica de algunas energías renovables*. 9º Congreso Nacional de Medio Ambiente, Madrid.

Arroba, M., Mencías, D., Meneses, J.A. Benítez, P., 2012, Steel vs. Wood. *Hygrometric and structural impacts for replacement of timber structures by metallic ones in protected buildings*. Green Lines Institute.

González Velasco J., 2009, *Energías renovables*, Editorial Reverté, Barcelona.

Rey Martínez, F. J & Velasco Gómez, E., 2005, *Bombas de calor y energías renovables en edificios*, Editorial Paraninfo, Madrid.

BALANCE NETO EN LAS NUEVAS IMPLANTACIONES URBANÍSTICAS. EL CAMINO PARA GARANTIZAR EL CONSUMO CASI NULO EN EDIFICIOS

Fernando Aranda Moreno, Coordinación técnica, Institut Català del Sòl. Generalitat de Catalunya

Resumen: Generación de modelo de desarrollo urbanístico con principios de gestión, diseño y financiación que incorpore conceptos de autonomía energética y gestión sostenible. Implantación de criterios para poder garantizar la aplicación de las prescripciones europeas para 2020 referentes al balance neto en los nuevos sectores urbanísticos. Conseguir el balance neto implica la producción con energías alternativas de las necesidades energéticas previstas en el sector y poder implantar criterios fundamentales como la generación distribuida. Para lograr estos objetivos, se debe facilitar y prever desde los planeamientos las soluciones necesarias teniendo en cuenta los largos plazos de los desarrollos urbanísticos y el horizonte 2020.

Palabras Claves: EECN, Eficiencia, Optimización, Planeamiento, Renovables, Sostenibilidad, Urbanismo

OBJETIVOS

Generación de un modelo de desarrollo urbanístico aplicando criterios de gestión, diseño y financiación de la trama urbana que incorpore conceptos de autonomía energética y gestión sostenible. Implantación de criterios para garantizar el cumplimiento de las prescripciones europeas previstas para alcanzar el Horizonte 2020 en materia de edificios de energía casi cero.

ANTECEDENTES

La Directiva 2010/31/UE sobre eficiencia energética de edificios, publicada en el mes de junio de 2010 en el Diario Oficial de la Unión Europea Y posteriores directivas prevé como requisito el saldo neto en los edificios de 2018/2020, fijando como un elemento fundamental para lograr la máxima eficiencia energética y la reducción de las emisiones de CO₂, la introducción de la calefacción y refrigeración mediante redes de calor. No cabe duda que este tipo de infraestructura tiene un peso específico fundamental a la hora de redactar o incluso imaginar un planeamiento urbanístico. Sin embargo este no es el único tema que afecta al planeamiento urbanístico derivado del cumplimiento de los objetivos fijados para 2020.

El concepto de balance cero en las emisiones de CO₂, y por ende de consumos, implica la producción con energías renovables de las necesidades energéticas del sector y poder implementar criterios fundamentales tales como generación distribuida. Estas dos exigencias implican la previsión inmediata de unas medidas que deben adoptarse en las nuevas implementaciones.

No cabe duda que para conseguir, de manera aislada, edificios de energía casi cero, la fase de planificación y proyecto son el punto de partida. Sin embargo el periodo de tiempo mínimo para conseguir ese producto se obtendría perfectamente con un plazo máximo de tiempo de 36 meses, entre la redacción del proyecto y la ejecución de las obras. Con ello el pistoletazo de salida sería como máximo en 2017, fecha que podríamos considerar aún como lejana.

Sin embargo cuando hablamos de edificios y de energía no podemos considerarlos como casos aislados, ya que están incluidos en una compleja trama de infraestructuras y necesidades comunes a otros edificios, tanto vecinos como incluidos en un ámbito concreto.

Aquí es donde entra en juego el planeamiento urbanístico. Este debe ser el facilitador del desarrollo de esos proyectos individuales, previendo tipologías edificatorias que faciliten buenos balances de emisiones, buenas orientaciones y soluciones productivas que ayuden a obtener, con las mínimas dificultades posibles, edificios de energía casi nula.

Por ello, los plazos se modifican sustancialmente, ya que para conseguir este resultado y dadas las velocidades de desarrollo y aprobación de los planeamientos urbanísticos, para conseguir obtener NZEB, las redacciones de planeamientos urbanísticos actuales deben incluir todos los elementos facilitadores para ello.

AFECTACIONES

Los ámbitos sobre los que se debe incidir en la propuesta para lograr el balance neto incluyen los siguientes elementos: Implantaciones óptimas y exigencias pasivas de los nuevos edificios, iluminación pública, puntos de recarga de vehículos eléctricos, redes de frío y calor, producción y distribución eléctrica (Smart Grids), eficiencia eléctrica, etc. No hay que olvidar tampoco la recogida de información (TIC) de los diferentes elementos que se incorporan a la nueva implantación urbanística.

METAS CONCRETAS

Con esta iniciativa se pretende conseguir metas tan importantes como la eficiencia energética de los nuevos edificios, la optimización de recursos, infraestructuras y potencias, parámetros de ahorro energético, reducción del gasto público, ordenación del mercado interior productivo y de consumo, incorporación de energías renovables, unificación de fuentes y criterios energéticos (eléctrica, térmica, renovable), creación de nuevas expectativas de negocio.

LÍNEAS A INCIDIR

Urbanismo y construcción

Incorporación de medidas, criterios y políticas con la finalidad de incidir en la eficiencia energética y la sostenibilidad de los edificios, planificación y Urbanismo con criterios de desarrollo sostenible, social y técnico.

- Limitación de la demanda: La certificación energética de edificios debe limitarse. Esta limitación no será mediante la exigencia de una letra específica, si no de unos valores de demanda y emisiones limitados. Estos datos servirán como valores a considerar a efectos de balance neto. La limitación en el caso de vivienda vendrá por el "índice de calificación energética para viviendas C1" fijada en la escala de calificación energética publicada por el IDAE. En el caso de edificios no destinados a vivienda, se aplicarán los criterios establecidos en el mismo documento IDAE fijando un índice C máximo.
- Asoleo: Exigencia que todas las viviendas dispongan en la sala de 1 hora de sol como mínimo el día 22 de diciembre dentro de la franja horaria de las 10 a las 14 horas. Esto implica, que en casos en que las orientaciones del planeamiento no sean demasiado buenas, el uso de tipologías edificatorias menos habituales que permitan el cumplimiento de esta exigencia. (Por ejemplo, soluciones de 3 viviendas por rellano o soluciones alternativas).
- Sombras entre edificios: Es necesario garantizar que ningún edificio limite la capacidad de disponer en la cubierta de la superficie suficiente que permita cumplir con los criterios para lograr la producción de energía que valide el saldo neto de la edificación. Al menos 85% de horas de luz cualquier punto de la cubierta debe estar exento de sombra proyectada de un cuerpo de su propio edificio o de un vecino. Sólo se permitirá las sombras realizadas por elementos de la cubierta propia.

- Recarga del coche eléctrico: Los edificios que dispongan de aparcamiento deberán prever la preinstalación necesaria para favorecer el desarrollo del conexionado individual de todos los usuarios o bien un sistema común justificado.
- Gestión energética: Con el fin de garantizar el cumplimiento del balance neto, con la incorporación de renovables productiva, es imprescindible fomentar la gestión energética de los edificios. Esta gestión, que incluye la producción, distribución y comercialización será tanto en energía eléctrica como con la térmica. Es necesario establecer el concepto de contador único para aplicar este criterio de balance neto.
- El papel de la distribuidora/comercializadora: Exigencia a las empresas distribuidoras y/o comercializadoras de facilitar al gestor energético, lograr el balance 0 en el intercambio energético global en el sector tanto a nivel de edificios como de infraestructuras urbanísticas. Autoconsumo gestionado ampliado al ámbito del sector.
- Servidumbres energéticas: Posibilidad de establecer servidumbres o concesiones sobre el uso de la cubierta para poder implantar sistemas de producción eléctrica/ térmica en los edificios y en particular en sus cubiertas gestionadas por empresas de servicios de energía. Favorecer igualmente la conexión a posibles redes de calor/frío (DHC) existentes o futuras.
- Reducción de las potencias a contratar: Es necesario fomentar la reducción de las potencias a contratar, garantizando igualmente los suministros necesarios a las viviendas. Las prescripciones del Horizonte 2020 requieren unas potencias mucho más reducidas que las actualmente aplicables. En el caso de vivienda un valor suficiente sería 5, 75kW. Igualmente se aplicarán potencias adecuadas a las tecnologías actuales y criterios de eficiencia en los servicios comunes de los edificios, favoreciendo el ahorro y la optimización de las potencias.
- Certificado de garantía de origen: Las comercializadoras/gestores energéticos aportarán el certificado de garantía de origen renovable, emitido por el CNE.

Energía y medio ambiente

Incorporación de la producción de energías limpias, la producción local de energía, aplicación de medidas de gestión ambiental, la reducción del consumo de recursos naturales y la mejora de las redes de distribución.

- Gestión energética global: Se preverá la incorporación de un gestor energético, tanto a nivel eléctrico como térmico. Este gestor deberá garantizar el cumplimiento del balance neto del sector, optimizar las potencias y ofrecer un precio competitivo tanto al usuario como al promotor de los edificios, actuando como inversor. Impulso de redes de calor y frío de pequeña/mediana escala.
- Alumbrado público de alta eficiencia y gestionado. Posible incorporación del gestor como ESE. Inversión inicial por parte de la empresa de servicios.
- Redes de calor y frío: Delimitación de las dimensiones de las redes de calor y frío (DHC) como grandes centralizaciones de manzana urbanística. Posibilitar las inversiones de empresas de servicios energéticos o bien la alternativa del promotor del suelo o de un tercero para actuar como distribuidor de la energía con el posterior resarcimiento de las inversiones por parte del gestor.

Movilidad

Adopción de sistemas inteligentes de tráfico, promoción del uso de la bicicleta y del vehículo eléctrico.

- Puntos de recarga de vehículos eléctricos: Incorporación por parte de la distribuidora/comercializadora de puntos de recarga. Como mínimo se preverán/facilitarán los elementos para que la instalación de estos elementos sea simple. Previsión de la incorporación tanto en el exterior como en el interior de los edificios.

- Servicios. Redes de servicios urbanos, agua, gas, alcantarillado, comunicaciones, electricidad. Incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).
- Incorporación de puntos de recogida de información: Puede estar vinculada a un operador de telefonía móvil, internet o la misma fibra óptica. Este operador haría la inversión y la gestión de los datos. Información posible: aparcamiento, iluminación, transporte, control ambiental.

Otros criterios incluidos en la planificación urbanística se refieren a aspectos ambientales y sociales tangenciales a la eficiencia energética pero que pueden afectar en algún momento a los edificios de energía casi cero. Entre otros:

- Eficiencia en la distribución del agua, absorción y utilización del agua de lluvia
- Zona WIFI, fibra óptica: facilitando la incorporación de los operadores que ofrecen inversiones y comercialización
- Vegetación adecuada incorporando al proyecto de desarrollo urbano la vegetación adecuada para garantizar el uso racional del agua y buena adaptación y enraizamiento de las especies
- Reciclado de materiales y elementos con el fomento de la utilización de materiales reciclados que promuevan la sostenibilidad y el ahorro en la ejecución, incorporando criterios para el uso de materiales reciclados en los trabajos de construcción y gestión de residuos de construcción, valorización del residuo, etc.

CONCLUSIONES

- Sólo con un buen planeamiento urbanístico se puede garantizar de forma global la disposición de edificios que puedan ser considerados de energía casi nula, de balance de emisiones cero o de consumo compensado.
- Las sinergias y optimizaciones entre varios edificios solo podrá obtenerse con una previsión conjunta, ya que aisladamente muchos factores son improductivos, ineficientes o imposibles de conseguir.
- La figura del planificador es fundamental para poder garantizar los objetivos de 2020, con una implicación total tanto del "legislador" urbanístico como del promotor del suelo, el promotor de las edificaciones, las administraciones implicadas, las empresas suministradoras, distribuidoras y gestoras de los servicios y los usuarios.
- Entre todos ellos y en la medida de sus atribuciones y responsabilidades se pueden conseguir, sin grandes esfuerzos ni compromisos individuales, unos resultados de excelencia en el tema de la eficiencia energética y ambiental de nuestras nuevas edificaciones.
- Por todo ello, los nuevos planeamientos deben fomentar, exigir, facilitar, etc., los criterios técnicos, normativos, económicos, ambientales y sociales que nos conduzcan a conseguir los objetivos que todos nos marcamos para el cercano horizonte de 2020.

ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD DE PLANEAMIENTOS Y ACTUACIONES URBANÍSTICAS. HERRAMIENTA SOS-PAUS

Iván Fernández Álvarez, Presidente, econstruye - Soluciones Ecológicas para Construcción

Resumen: La construcción de ciudades sostenibles es un reto del siglo XXI, pero ¿cómo determinar la sostenibilidad de una actuación urbanística? El análisis de emisiones de GEI puede aportar nuevos argumentos en la discusión de alternativas en planes y actuaciones urbanísticas, permite evaluar riesgos y oportunidades y crear estrategias para reducir impactos. La herramienta SOS-PAUS responde a este desafío y proporciona requisitos para identificar los límites de evaluación, las fuentes de emisiones de GEI a incluir, los requisitos de los datos de actividad y factores de emisión y el cálculo para desarrollar el inventario GEI. Se trata, por tanto, de una herramienta que determina la sostenibilidad de un planeamiento y/o actuación urbanística.

Palabras Claves: Actuaciones Urbanísticas EECN, Cambio Climático, Emisiones de CO₂, Evaluación Ambiental de Planes, Gases de Efecto Invernadero, Inventario GEI de Ciudades, Urbanismo Sostenible

INTRODUCCIÓN

La construcción de ciudades más sostenibles es uno de los retos del siglo XXI y, por lo tanto, el desarrollo de Actuaciones Urbanísticas para Ciudades y Barrios de Consumo de Energía y Emisiones Casi Nulas supone un desafío técnico, político y social, pero ¿cómo podemos definir la sostenibilidad de una actuación urbanística?

A tal efecto, la huella de carbono se presenta como un indicador de sostenibilidad fiable, cuantificable y fácilmente comparable, que permite evaluar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) asociadas al urbanismo, y expresarlas en unidades equivalentes de CO₂ emitido a la atmósfera.

El análisis cuantitativo de las emisiones de GEI aporta nuevos argumentos en la discusión de alternativas en la elaboración de planeamientos generales y otras actuaciones urbanísticas: permite evaluar riesgos y oportunidades, crear estrategias para reducir emisiones y hacer un seguimiento de su progreso, ayudando en la toma de decisiones respecto a las políticas ambientales de gobiernos locales, y fomentando la participación ciudadana.

OBJETO DE SOS-PAUS

La metodología SOS-PAUS para **Análisis de la Sostenibilidad en Planeamientos y Actuaciones Urbanísticas** que se presenta responde a este desafío. SOS-PAUS especifica los requisitos para la identificación de los límites de evaluación, las fuentes de emisiones de GEI que se deben incluir, los requisitos de los datos de actividad y factores de emisión, así como el cálculo para desarrollar el inventario de GEI. Se trata, por tanto, de una herramienta para obtener la huella de carbono de un planeamiento urbano y las actuaciones urbanísticas previstas.

ÁMBITO DE APLICACIÓN

SOS-PAUS es aplicable, tanto a nivel nacional como internacional, a:

- Planeamientos urbanísticos generales (PGOU, POUM y otros) existentes y sus modificaciones.
- Planes parciales, Planes Especiales de Reforma Interior, Planes Especiales y otros.
- Proyectos de Urbanismo y Edificación (incluyendo promociones inmobiliarias públicas o privadas, grandes superficies industriales, comerciales, de servicios, de ocio y culturales).
- Concursos de arquitectura

MARCO NORMATIVO

La metodología **SOS-PAUs** responde a la necesidad de herramientas de valoración para la evaluación ambiental de planes, programas y proyectos exigida por Ley 21/2013, de evaluación ambiental, en materia de: Evaluación ambiental estratégica de planes urbanísticos y Evaluación del impacto ambiental de proyectos urbanísticos.

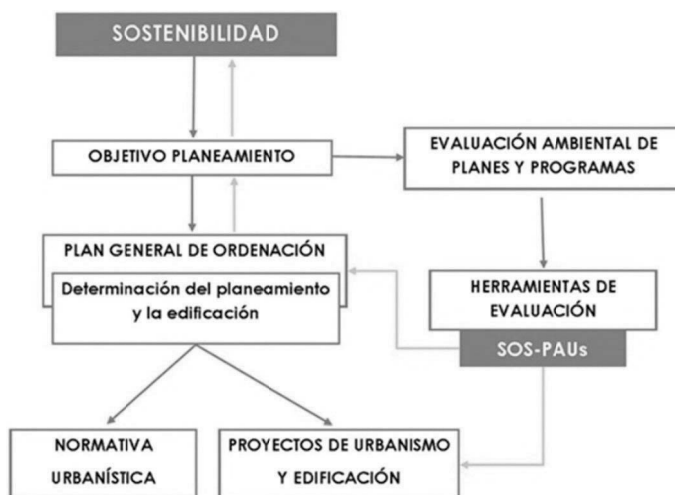


Figura 1. Marco normativo y ámbito de aplicación de SOS-PAUs.

SOS-PAUs sigue los principios internacionales reconocidos para la contabilidad de GEI, como son las **Directrices IPCC 2006 del Intergovernmental Panel on Climate Change** y el **Global Protocol for Community-Scales GHG Emissions del World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development**.

CÓMO UTILIZAR SOS-PAUS

Se ha desarrollado una **Guía de Aplicación de la Metodología SOS-PAUs** y se está desarrollando una herramienta informática on-line para la compilación de inventarios GEI asociados a planes y actuaciones urbanísticas.

ALCANCE Y LÍMITES DEL ANÁLISIS

Los límites del análisis de un planeamiento y/o actuación urbanística deben ser bien definidos: territorio, ciudad, área urbana, polígono, etc. El análisis se realiza en base a un año calendario, siendo las unidades de análisis empleadas:

- t CO₂eq/año
- t CO₂eq per cápita, sector o categoría/año

Se incluyen en el análisis lo siguientes GEI:

- El dióxido de carbono (CO₂), sin incluir el CO₂ emitido por fuentes de carbono biogénicas
- El metano (CH₄), incluyendo las emisiones de CH₄ de fuentes biogénicas de carbono
- El óxido nitroso (N₂O)
- Los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC)
- El hexafluoruro de azufre (SF₆)

Las emisiones y absorciones se miden por separado para cada GEI y se convierten en unidades de masa de CO₂ equivalente utilizando los coeficientes **GWP100** que presenta el IPCC.

FUENTES DE EMISIÓN ASOCIADAS AL PLANEAMIENTO URBANÍSTICO

SOS-PAUs categoriza las fuentes de emisión en seis sectores. La Figura 2 proporciona una visión general de las fuentes de emisión asociadas a un planeamiento o actuación urbanística.

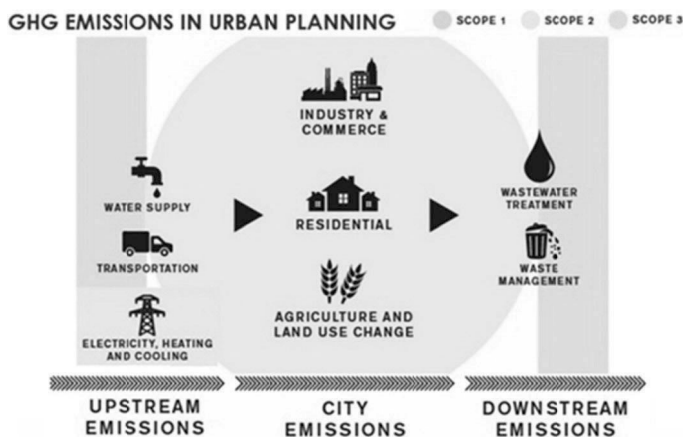


Figura 2. Fuentes de emisión y alcance en un planeamiento urbanístico.

Emisiones asociadas al parque de edificios residenciales/institucionales

El parque de edificios comprende los edificios del sector residencial, el pequeño comercio, industria o equipamiento integrado en el sector residencial y el sector institucional, previstos en el planeamiento o la actuación. Se incluyen en el análisis:

1. Emisiones GEI directas que proceden de la quema de combustibles (gas natural, GLP, gasóleo, biomasa y otros) para cubrir las necesidades propias de calefacción, ACS y otros consumos del edificio.
2. Emisiones GEI indirectas por consumo de energía eléctrica de la red, incluido el alumbrado público que da servicio a dichos sectores.
3. Emisiones GEI indirectas procedentes sistemas district heating/cooling para su uso dentro de los límites del planeamiento o actuación, ya se generen dentro o fuera de los límites del planeamiento y/o actuación.

Hipótesis

- Si la generación local se inyecta a la red de suministro, se asume que el efecto de esto se incluye en el factor de emisión del mix eléctrico.
- Las emisiones asociadas al auto-consumo de ramas industriales, comerciales o residenciales se consideran como absorciones de GEI y se restan del total de emisiones, siempre que la energía sea consumida en el punto de producción y no inyectada a la Red.
- Las emisiones asociadas a la quema de biomasa son nulas, se considera que durante la combustión liberan la misma cantidad de CO₂ que el absorbido en su ciclo de vida. Si se incluyen, sin embargo, las emisiones de CH₄ y N₂O procedentes de la quema de biomasa para fines energéticos.

Las emisiones de GEI asociadas al parque de edificios pueden analizarse para:

1. Edificios de nueva construcción
2. Edificios existentes en el caso de rehabilitación de edificios y/o regeneración de barrios.

Para caracterizar las emisiones de GEI asociadas al parque de edificios se utiliza la clasificación energética de edificios nuevos y existentes para cada zona climática, en función de la tipología edificatoria y el índice de edificabilidad prevista por el planeamiento o actuación urbanística. Las emisiones de GEI se evaluarán mediante:

- Datos de la demanda energética para calefacción, refrigeración y ACS (también puede incluirse iluminación y equipamiento).
- Factores de emisión por tipo de combustible y del mix eléctrico nacional.

Emisiones asociadas al transporte y movilidad generada

El transporte de bienes y personas tiene un fuerte impacto en las emisiones GEI debido a la importancia de la movilidad asociada a la conexión y desarrollo de áreas residenciales, industriales y de servicios. Se incluyen en el análisis:

1. Emisiones GEI directas por el uso de combustibles (gasolina, gasóleo y bio-combustibles) para transporte por carretera.
2. Emisiones GEI indirectas por consumo eléctrico para transporte público por ferrocarril (metro o tranvía) y transporte por carretera (vehículos eléctricos).

El transporte por carretera comprende:

- Desplazamientos de vehículos privados: turismos y motocicletas.
- Transporte de mercancías: furgonetas y camiones.
- Transporte público: autobús y otros.
- Servicios públicos: recogida de residuos, mantenimiento y otros.

Para caracterizar la movilidad generada pueden utilizarse los Planes de Movilidad de la ciudad y/o del gobierno regional o nacional. Las emisiones de GEI se evalúan mediante:

- Las distancias promedio de viaje y la cantidad de viajes generados estimados por tipo de transporte.
- Factores de emisión por tipo de combustible y del mix eléctrico nacional.

Emisiones asociadas a las actividades económicas

Los planeamientos urbanos inciden en el desarrollo del sector industrial, las superficies comerciales y de servicios, y conviene que contengan previsiones adecuadas de sus consumos y actividades a fin de programar una infraestructura de calidad y responsable con su entorno ambiental. Se incluyen en el análisis:

1. Emisiones GEI directas por la quema de combustible para fines energéticos de procesos industriales y calefacción de edificios.
2. Emisiones GEI indirectas por consumo de energía eléctrica de la red para alimentar procesos y edificios. Se incluye el alumbrado público que da servicio a áreas industriales, grandes comercios y servicios.

3. Emisiones GEI directas asociadas a la fabricación de productos en las industrias predominantes (p.ej. producción de cemento, vidrio, industria química, industria electrónica y otras).
4. Emisiones GEI directas por el uso de equipos de frío en centros comerciales e industria (frío industrial, climatización, etc.).

Las emisiones de GEI se evalúan mediante:

- Datos estimados de consumo de combustible y producción para procesos industriales.
- Datos de la demanda energética para climatización y uso de equipos en grandes comercios y terciario.
- Factores de emisión por tipo de combustible y del mix eléctrico nacional.
- Factores de emisión de la producción y uso de productos.

Hipótesis

Cuando una industria es importadora neta de productos, las emisiones de GEI procedentes de la producción de estos materiales no se incluye en el análisis.

Emisiones asociadas al uso y cambio de uso del suelo

La gestión del suelo tiene influencia sobre una diversidad de procesos del ecosistema que afectan a los flujos de GEI, tales como los flujos de CO2 entre atmósfera y ecosistemas (p.ej. fotosíntesis y respiración de la vegetación). Las fuentes de emisiones/absorciones incluidas son:

1. Biomasa vegetal. Constituye una fuente de emisión de CO2 por el cambio en las existencias de Carbono en la biomasa. Se incluye la biomasa vegetal de tierras forestales, tierras de cultivo y zonas urbanas.
2. Suelos de tierras de cultivo. Constituye una fuente de emisión de GEI por los cambios en las existencias de Carbono orgánico de suelos.

Los incrementos de existencias de C se consideran como absorción neta de CO2 de la atmósfera, mientras que las reducciones en las existencias de C se consideran como emisiones netas de CO2. Para cada categoría de uso de suelo, se diferencia entre en suelos que permanecen como tales y suelos que se convierten a una nueva categoría de uso. La Figura 3 muestra un resumen de las posibles conversiones del suelo.



Figura 3. Posibles Usos y Cambios de Uso del Suelo.

Hipótesis

No se incluye en el análisis la transferencia de biomasa a depósitos de materia orgánica muerta en el suelo, ya que estas transferencias no emiten CO2 y se consideran equilibradas, es decir, la entrada de C por transferencia de hojarasca a la materia orgánica muerta es igual a la salida de C por descomposición de la misma.

Emisiones asociadas a la gestión de residuos

La expansión urbana y el desarrollo de las actividades económicas generan incrementos significativos en la producción de residuos, en cuya gestión pueden influir las actuaciones y los planeamientos urbanísticos (p.ej., sistemas de recogida selectiva o tratamiento biológico de desechos). Los residuos incluidos en el análisis son:

1. Desechos Sólidos Municipales (DSM). Son los desechos gestionados por autoridades municipales. Incluyen desechos orgánicos, papel y cartón, plásticos, metal y otros.
2. Desechos industriales. Son desechos producidos por los procesos industriales. Su composición varía por el tipo de industria y tecnología. (p.ej. desechos de la industria de alimentos, residuos de construcción y/o demolición, etc.).
3. Otros desechos. Comprenden los desechos hospitalarios (p.ej. material médico, tejidos y fluidos, etc.) y desechos peligrosos (p.ej. residuos explosivos, inflamables o tóxicos).

Se incluyen las emisiones directas de GEI por:

1. Eliminación de desechos mediante deposición en vertederos.
2. Tratamiento biológico de desechos como compost o en digestores anaeróbicos para obtener biogas.
3. Incineración de desechos.

Las emisiones de GEI se evalúan mediante:

- Datos de generación de residuos por tipo y fracción.
- Datos de las vías de eliminación y/o tratamiento de residuos.
- Factores de emisión por tipo tratamiento y residuos.

NOTA 1: No se incluyen las emisiones por transporte de desechos a los centros de tratamiento y vertederos. Estas emisiones se recogen en el Sector Transporte y Movilidad Generada.

NOTA 2: Los transportes neumáticos de DSM tampoco se incluyen en la metodología SOS-PAUs ya que su implantación es reciente y no se ha desarrollado una metodología exacta de cálculo actualmente.

Emisiones asociadas al ciclo del agua

Los planeamientos y actuaciones urbanísticas gestionan la implantación de áreas residenciales, comerciales, servicios y/o industriales, además de zonas verdes y suelos agrícolas, y determinan las necesidades de recursos hídricos y gestión de aguas residuales para su desarrollo, con tal de garantizar el suministro y su calidad.

El ciclo del agua comprende:

- Gestión, tratamiento y suministro de agua potable.
- Recogida, gestión y tratamiento de aguas residuales, diferenciando aguas residuales domésticas o urbanas y aguas residuales industriales.

Se incluyen en el análisis:

1. Emisiones GEI indirectas por consumo de electricidad de la red para la gestión, transporte y tratamiento de agua potable y aguas residuales.
2. Emisiones GEI directas por el tratamiento y depuración de aguas residuales mediante diferentes procesos fisicoquímicos.

Las emisiones de GEI se evalúan mediante:

- Datos de generación prevista de aguas residuales por tipo y consumo de agua potable previsto.
- Datos de las vías de eliminación y/o tratamiento de aguas residuales.
- Datos de procedencia del suministro de agua potable.
- Factores de emisión por vías de eliminación y/o tratamiento de aguas residuales.
- Factores de emisión del mix eléctrico nacional.

CONCLUSIONES

El análisis de la huella de carbono asociada a un planeamiento o actuación urbanística permite conocer los impactos ambientales del mismo mediante un valor cuantificable a partir de métodos científicos reconocidos internacionalmente. En este sentido, SOS-PAUs se presenta como una herramienta fiable que permite la evaluación ambiental de las diferentes alternativas en planes y proyectos urbanísticos, y que ayuda al desarrollo de Actuaciones Urbanísticas para Ciudades y Barrios de Consumo de Energía y Emisiones Casi Nulas.

REFERENCIAS

Arikan Y., Desai R., Bhatia P. and Fong W.K., 2011, *Global Protocol for Community-Scales GHG Emissions*. Publicado por C40 Cities Climate Leadership Group and ICLEI Local Governments for Sustainability en colaboración con World Resources Institute, World Bank, UNEP, and UN-HABITAT, Sao Paulo.

IPCC 2006, *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por IGES, Japón.

Wiltshire J., Doust M., 2013, *PAS 2070:2013 Specification for the assessment of GHG emissions of a city*. Publicado por British Standard Institution, Londres.

METODOLOGÍA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA HACIA DISTRITOS RESIDENCIALES DE ENERGÍA CASI NULA. APLICACIÓN AL BARRIO DEL CUATRO DE MARZO (VALLADOLID)

Miguel Ángel García-Fuentes, MSc. Arch, Fundación CARTIF

Carolina Pujols, MSc. Arch, ACCIONA Infraestructuras

Ali Vasallo, Dr., Fundación CARTIF

Rubén García-Pajares, MSc. Eng, Fundación CARTIF

Andrea Martín, MSc. Arch, Fundación CARTIF

Resumen: Aunque el concepto de Edificios de Energía Casi Nula se puede aplicar fácilmente en obra nueva, al abordar proyectos de rehabilitación resulta necesario pensar en medidas energéticas integradas a nivel de distrito, dando lugar así al concepto de Distritos de Energía Casi Nula. Este planteamiento no sólo incrementa el abanico de soluciones disponibles sino que también permite alcanzar objetivos más ambiciosos. Este artículo presenta una metodología replicable de rehabilitación a escala urbana y su aplicación a un área del distrito del Cuatro de Marzo en Valladolid, con unas condiciones de confort deficientes y elevados consumos energéticos. Así, se analiza cómo la metodología propuesta facilita el diagnóstico de las condiciones actuales del distrito y, seguidamente, la selección óptima de posibles soluciones energéticas en base a una serie de indicadores de sostenibilidad.

Palabras Claves: Distritos, Eficiencia Energética, Indicadores, Metodología, Rehabilitación, Replicabilidad

INTRODUCCIÓN

En la Unión Europea existen cerca de 160 millones de edificios, cuyo consumo de energía primaria se aproxima al 40% del global en Europa y genera en torno a dos tercios de las emisiones de CO₂. Con el objetivo de paliar esta situación, la Comisión Europea, dentro del Plan de Acción para la Eficiencia Energética, identifica la Eficiencia Energética en Edificios como prioridad fundamental. Los objetivos de la estrategia Europe 2020, 20% de ahorro energético, 20% de reducción de emisión de gases de efecto invernadero y 20% de aumento del uso de fuentes de energía renovable, refuerzan esta prioridad.

Esta estrategia pasa necesariamente por una correcta integración de medidas de reducción de la demanda, mejora de la eficiencia energética de los sistemas, producción a partir de fuentes renovables y herramientas de gestión de la energía consumida y producida. Mientras que para nueva edificación el concepto de Edificios de Energía Casi Nula resulta más claro y factible, en el ámbito de la rehabilitación no es tan inmediato implementar esas medidas a nivel de edificio. La coherencia hace pensar en medidas integradas que involucren a conjuntos de edificios, apareciendo así el concepto de Distritos de Energía Casi Nula.

EL DISTRITO DEL CUATRO DE MARZO

El distrito del Cuatro de Marzo surge a mediados del s. XX al amparo de las grandes promociones estatales de vivienda protegida, bajo un proyecto único, con parámetros de escala y condiciones de planeamiento controladas y tipologías de bloque abierto y torre.

Redactado por los arquitectos M. López, J. González, J. Vaquero y L. Tuesta y promovido por el Patronato Francisco Franco, el proyecto fue aprobado por el Instituto Nacional de Vivienda en 1957 y se realizó en dos fases, sumando un total de 1.947 viviendas, una iglesia, cuatro grupos escolares, veintinueve comercios, un edificio dotacional y la urbanización del conjunto.

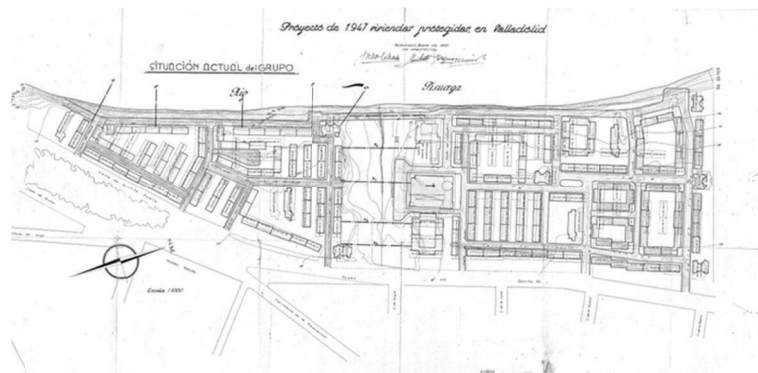


Figura 1. Plano del conjunto del "Cuatro de Marzo".

Características morfológicas y constructivas

Sobre una superficie de parcela de 16 ha. se construyeron un total de 81.000 m² de uso residencial - vivienda protegida- distribuidas en 183 bloques lineales de B+4 o B+3 y 6 torres de B+10. Existen cuatro tipos diferentes de viviendas, que oscilan entre los 70 y 100 m² y tienen un programa común compuesto por salón-comedor, cuatro o cinco dormitorios, cocina, despensa, baño, aseo y dos terrazas.

En cuanto a las características constructivas, los edificios se resuelven con muros de carga perimetrales de asta y media de ladrillo cara vista sobre muro de zócalo de 45 cm de espesor de mampostería regular trasdosado con hormigón en masa, además de muro de carga central de un asta de ladrillo galletero. Las cubiertas se resuelven con bóvedas vaídas sobre tablero de rasilla.

EL PROYECTO R2CITIES: RENOVACIÓN DE ESPACIOS URBANOS RESIDENCIALES HACIA CIUDADES DE ENERGÍA CASI NULA

El proyecto europeo R2CITIES[1] tiene como objetivo desarrollar y validar una metodología global y científica de rehabilitación energética que facilite implementar soluciones a escala de distrito. Dicha metodología consta de cinco fases, que son (I) auditoría de distrito, (II) evaluación y diseño de soluciones y negociación con los implicados, (III) ejecución, seguimiento y puesta en marcha, (IV) operación y mantenimiento, y (V) evaluación de los ahorros energéticos y plan de aceptación, y se apoya en el empleo de indicadores de sostenibilidad que permiten evaluar el comportamiento energético, las condiciones de confort y diferentes aspectos ambientales, sociales, económicos y urbanos.

El fin es optimizar la solución final y alcanzar elevados ratios de mejora del comportamiento energético con unos costes razonables y compatibles con diferentes modelos de financiación.

La característica fundamental de replicabilidad de esta metodología no persigue la reproducción sistemática de las medidas de eficiencia energética implementadas, sino la réplica de los instrumentos que permiten diagnosticar, proponer, seleccionar y evaluar las combinaciones de distintas soluciones de eficiencia energética.

METODOLOGÍA DE REHABILITACIÓN A ESCALA URBANA

R2CITIES plantea una herramienta metodológica exhaustiva y en base a una serie de indicadores objetivos que permiten evaluar, en cada fase, tanto el estado del distrito -en los ámbitos energético, de confort, ambiental, económico, social y urbano- como las alternativas de intervención, así como hacer el seguimiento de la ejecución de los trabajos y cuantificar los ahorros energéticos y la mejora de las condiciones de confort.

Dado el gran potencial de ahorro energético y de mejora de las condiciones de confort, junto con la gran homogeneidad tipológica y constructiva, que presentan este tipo de conjuntos residenciales, se plantea

el salto del edificio al distrito con objeto aplicar medidas escalables, reduciendo así tiempo y coste, y la integración de diversas medidas de conservación fácilmente replicables en el conjunto del distrito.

Esta herramienta metodológica propone la implementación del método IPD (Integrated Project Delivery), a la vez que se apoya en un instrumento que permite centralizar la información y dar soporte a todos los actores involucrados en el proceso, así como a las diferentes herramientas auxiliares, el BIM (Building Information Modelling).

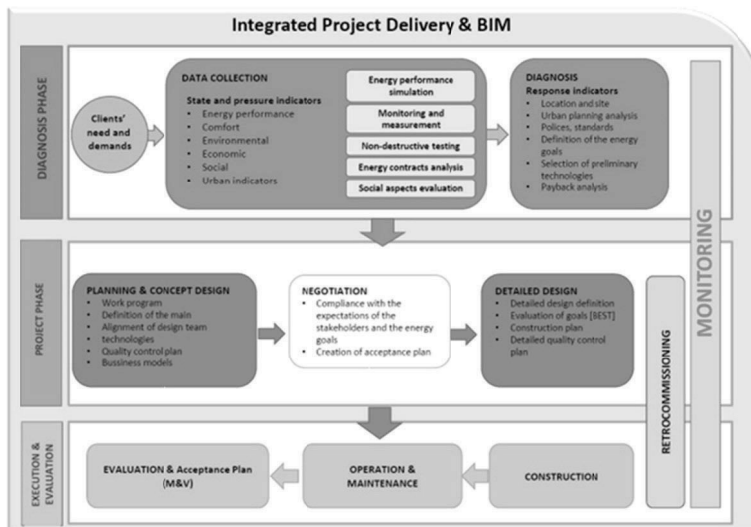


Figura 2. Metodología integrada de rehabilitación energética de distritos.

FASE I – AUDITORÍA DE DISTRITO: INDICADORES DE ESTADO, PRESIÓN Y RESPUESTA

La metodología comienza con el diagnóstico del estado actual del distrito, cuantificando parámetros clave por medio de la recogida de datos de facturación de los vecinos y de sus hábitos de uso de los sistemas energéticos, para construir los perfiles de consumo de las viviendas.

Por otro lado, las simulaciones energéticas permiten obtener la demanda energética, parámetro no directamente cuantificable. Para verificar su precisión, ésta ha de ser validada con los perfiles de consumo real y una serie de ensayos que muestran el comportamiento energético real.

Posteriormente, finalizada la auditoría del distrito, han de definirse los objetivos a alcanzar por medio de la intervención (en términos de ahorros energéticos, económicos, mejora de las condiciones de confort, etc.), así como los condicionantes derivados de las barreras identificadas (limitación de costes, condicionantes técnicos, sociales, etc.).

Fase II – Evaluación y diseño de las soluciones y negociación

La segunda fase plantea al diseño de soluciones por medio de la instalación de diversas tecnologías de eficiencia energética (pasivas, activas o híbridas), viables desde el punto de vista técnico, que permiten mejorar el comportamiento energético y las condiciones de confort de los edificios del distrito.

En esta fase es clave el análisis de la interacción que cada tecnología tiene sobre las demás, ya que las implicaciones sobre los ahorros o los costes de las tecnologías combinadas no se pueden evaluar de forma individual. Al analizar la combinación de medidas activas y pasivas, el retorno de las inversiones se equilibra de forma que los diferentes modelos de inversión pueden responder a una intervención de esta envergadura, algo que no ocurre cuando se aplican las medidas pasivas de forma independiente.

De forma paralela, se desarrolla un proceso de negociación donde se verifica que las demandas y necesidades de los clientes, planteadas en la primera fase, se cumplen, al mismo tiempo que se garantizan unos costes asumibles bajo el modelo financiero planteado, considerando no sólo la inversión inicial, sino los beneficios a corto, medio y largo plazo.

Fases III-V – Ejecución de los trabajos, operación y mantenimiento y evaluación de ahorros

Las tres últimas fases de la metodología contemplan la ejecución de los trabajos de rehabilitación, la operación y mantenimiento del edificio, la evaluación de los ahorros energéticos obtenidos (por medio de un protocolo estricto de Medida y Verificación) y, finalmente, la caracterización final de todos los parámetros de evaluación.

Resulta de vital importancia que en estas fases se mantenga el mismo discurso metodológico, en coherencia con las fases anteriores y empleando las herramientas establecidas en este marco, de forma que recursos como el BIM permitan asistir a las fases de ejecución y operación y mantenimiento, así como seguir empleando los indicadores de sostenibilidad establecidos desde la primera fase.

RESULTADOS

En el momento actual de desarrollo del proyecto se ha desarrollado, parcialmente, la primera fase planteada en la metodología en el distrito del Cuatro de Marzo de Valladolid. Se han determinado indicadores de sostenibilidad y se han realizado simulaciones energéticas para evaluar el comportamiento de los edificios, que se han validado con los datos reales obtenidos de la facturación de los consumos energéticos, y ajustado en base a parámetros de uso de los edificios (perfiles de ocupación, uso de sistemas energéticos, percepción de confort, etc.).

Para la obtención de los datos de consumos y de usos se han desarrollado y circulado entre los vecinos unas encuestas que han permitido, asimismo, recoger otros indicadores de carácter económico (niveles de rentas, tasa de desempleo, etc.) y social (edades, personas con discapacidad, cohesión social, etc.).

Estado actual del distrito	
Demanda anual de calefacción	135,11 kWh/m ² a
Demanda anual de refrigeración	7,27 kWh/m ² a
Consumo eléctrico en iluminación	8,76 kWh/m ² a
Consumo de A.C.S.	13,85 kWh/m ² a

Figura 3. Condiciones actuales del estado del distrito.

Además, mediante una serie de ensayos no destructivos (termografía infrarroja y Blower Door test) se han obtenido de forma objetiva otros datos necesarios para la evaluación del estado actual del distrito.

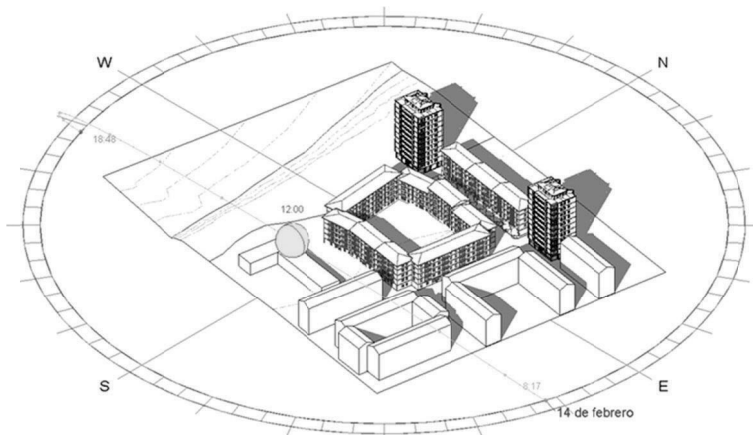


Figura 4. Modelo BIM del distrito.

Completada la fase de diagnóstico, y en base a las demandas y necesidades de los clientes (en este caso reducción del consumo total de energía en un 60% y reducción de las emisiones de CO₂ en otro 60% con objeto de alcanzar un consumo energético final de 70 kWh/m²a y unas emisiones finales no superiores a 25 kg.CO₂/m²a) se plantean un conjunto de medidas para lograr estos objetivos.

Estas medidas contemplan el aislamiento térmico de fachada y cubierta, sustitución de ventanas, sistema centralizado de calefacción de distrito alimentada con biomasa y con apoyo de una instalación de solar térmica, integración de sistemas de captación solar fotovoltaica en fachada (Building Integrated Photovoltaic), sistema tradicional de paneles en cubierta y sistemas de gestión energética, control y actuación sobre ciertos elementos (distribución energética, termostatos regulables o válvulas termostáticas en radiadores). Así, la distribución de ahorros prevista con las diferentes medidas queda de la siguiente manera:

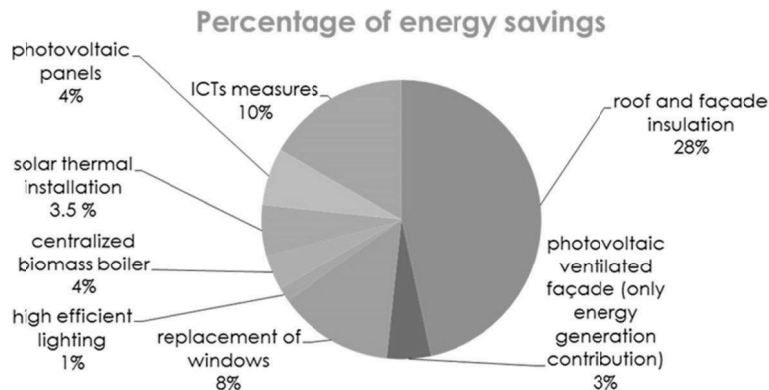


Figura 5. Contribución de las diferentes medidas al ahorro energético.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El concepto de Distrito de Energía Casi Nula pasa necesariamente por abordar la rehabilitación de áreas urbanas completas, tal como demuestra la investigación desarrollada en el proyecto R2CITIES. Así, la metodología innovadora presentada, que nace con el objetivo de ser fácilmente replicable en distritos residenciales de toda Europa, se basa en los principios del IPD y BIM para determinar una serie de indicadores de rendimiento que permiten monitorizar la evolución del comportamiento del conjunto del distrito a lo largo de todas las fases que cubre.

Planteando la rehabilitación de edificios residenciales desde un punto de vista de distrito el abanico de soluciones, especialmente para integración de medidas activas de generación de energía, es mucho mayor.

Tras la aplicación de la primera de las fases –auditoría- al distrito del Cuatro de Marzo en Valladolid, se han detectado y cuantificado las principales deficiencias en la envolvente de los edificios, lo que permite valorar de forma objetiva las soluciones necesarias que cubran un doble objetivo de disminuir la demanda de la envolvente y garantizar las condiciones de confort en el interior de los edificios.

Además, durante las primeras etapas de la fase de diseño se demuestra que existe un gran potencial de implementación de sistemas pasivos de acondicionamiento y sistemas de generación energética a nivel de distrito, especialmente la integración de sistemas de energías renovables. En concreto, sistemas de calefacción de distrito alimentados con calderas de biomasa y sistemas de producción energética solar.

En la fase de negociación cabe destacar que un análisis riguroso del coste/beneficio de las medidas a integrar es esencial a la hora de plantear un modelo de negocio atractivo a los usuarios y los promotores. Todo ello acompañado necesariamente de la participación de las entidades públicas mediante políticas de regeneración urbana.

Los modelos de negocio actuales -principalmente el modelo ESCO- no contemplan generalmente la aplicación de medidas pasivas que reduzcan la demanda, ya que los retornos de la inversión son mayores. Sin embargo, aprovechando el salto a nivel de distrito y la combinación de tecnologías pasivas y activas, junto con la indudable ventaja de la economía de escala, se reduce la inversión así como los periodos de retorno. De esta forma, el producto final es más atractivo y, por lo tanto, rentable a largo plazo.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo de investigación ha sido financiado por la Comisión Europea, a través del 7º Programa Marco bajo el proyecto de investigación R2CITIES (Renovation of Residential urban spaces: Towards nearly zero energy CITIES), cuyo Grant Agreement es el nº: 314473.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Meiss, A., Del Caz, R. & Álvaro, A., 2013, *Rehabilitación de barrios de vivienda social. El ARI de la Rondilla en Valladolid*. Universidad de Valladolid, Valladolid.

Fernández, J. A., 1991, *Promoción oficial de viviendas y crecimiento urbano en Valladolid*, Universidad de Valladolid, Valladolid.

Font Arellano, A., 1976, Valladolid. *Procesos y formas del crecimiento urbano*, Delegación de Valladolid del COAM, Madrid.

Gigosos, P. & Saravia, M., 1997, *Arquitectura y urbanismo de Valladolid en el siglo XX*, Serie: Historia de Valladolid, VIII-2, Ateneo de Valladolid, Valladolid.

López, M., González, J., Vaquero, J. & Tuesta, L., 1959, *Memoria original de Proyecto de 2.000 viviendas protegidas en Valladolid*. Grupo: 4 de Marzo. Promotor: Patronato Francisco Franco de Valladolid. Marzo de 1959. Archivo Provincial, Diputación de Valladolid.

[1]R2CITIES: Proyecto financiado por el 7º Programa Marco de la UE: Grant Agreement nº: 314473

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA BARRIO DE LOURDES, EN TUDELA. PREMIO A LA “REHABILITACIÓN INMOBILIARIA MÁS SOSTENIBLE” DE LA VI EDICIÓN PREMIOS ENDESA

Josep Maria Riba Farrés, Portavoz Jurado Premios Endesa, Asociación Casa Bioclimática

Laura Jarauta, Analista técnico, Casa Bioclimática

Fermín Orgambide, Arquitecto

Andrés Margallo, Arquitecto

Montserrat Abat, LKS Ingeniería

René Alegría, LKS Ingeniería

Gerardo Molpeceres, LKS Ingeniería

Ignacio de Rosendo, LKS Ingeniería

Luis Casado Oliver, Alcalde-Presidente, Colaborador técnico, Ayto. de Tudela

Maria Isabel Echave Blanco, Concejal del Área de Industria y Empleo, Ayto. de Tudela

Resumen: El proyecto Lourdes Renove ha consistido en una rehabilitación energética integral del barrio de Lourdes, en Tudela. Ha habido 3 actuaciones: La llamada de los “100 pisos” que ha consistido en la rehabilitación integral de 5 comunidades (100 viviendas), la de los bloques de los años 60 y 70 (44 viviendas) y la de los bloques más antiguos, de los años 50 (12 viviendas). En las 3 actuaciones se ha mejorado la envolvente térmica, las instalaciones y la accesibilidad. Cada actuación se ha solucionado con sistemas adecuados a sus características particulares. Y en las 3 actuaciones se ha instalado un sistema de monitorización que ha permitido seguir los consumos reales de las viviendas. Los usuarios muestran una gran satisfacción por los ahorros que están teniendo.

Palabras Claves: Monitorización del CENER, Programa Concerto de la UE, Rehabilitación Envolvente, Reto Social de Involucración de los vecinos, Vídeo Satisfacción Usuarios en Youtube

INTRODUCCIÓN

El proyecto Lourdes Renove forma parte del Proyecto Sexto Programa Marco Concerto de la Unión Europea en el que participan 44 ciudades europeas de 18 países diferentes y que tiene como objetivo el ahorro y la eficiencia energética para la reducción de las emisiones de CO₂.

Lourdes Renove es el fruto de la colaboración del Ayuntamiento de Tudela y la empresa pública NASURSA (actualmente NASUVINSA) y en todo momento se buscó la complicidad de los vecinos del barrio que se beneficiaron de la rehabilitación sin ningún coste para ellos.

El barrio de Lourdes, construido entre 1954 y 1972, era un barrio de vivienda social con una construcción muy sencilla y una población envejecida que iba siendo sustituida por inmigrantes. El barrio estaba en la banda más baja del mercado de vivienda. Por ello el Ayuntamiento decidió realizar la rehabilitación para dignificarlo y mejorar el ahorro y el confort de los vecinos.

El Ayuntamiento de Tudela ha realizado un gran esfuerzo divulgativo y didáctico, principalmente entre los propios vecinos del barrio. Esta rehabilitación energética está presente en varios medios digitales, que dan a conocer el proyecto y los beneficios a nivel económico, social y ambiental. Se ha creado un blog y se realizan charlas para explicar las tecnologías aplicadas en los diferentes edificios.

EL PROYECTO

Los 100 PISOS, 90 viviendas



Figura 1. Fachada principal de los 100 pisos, rehabilitada.

Rehabilitación integral de 5 comunidades:

- Envoltente Térmica, instalaciones generales, accesibilidad y monitorización.
- En una de los portales se ha incluido una instalación fotovoltaica en cubierta, sobre los paneles sandwich.

Los resultados energéticos suponen un ahorro considerable (calefacción y aire acondicionado entre un 50 y 60 %), con unas transmitancias de las cubiertas de $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$, de las fachadas de $0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$, de los huecos de ventanas entre $1,91$ a $2,94 \text{ W/m}^2\text{K}$ -según las diferentes orientaciones y porcentaje de vidrio- y en los forjados de locales de $0,61 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Los Bloques años 60-70, 44 viviendas



Figura 2. Bloques años 60 y 70 rehabilitados.

Rehabilitación integral de tres comunidades:

- Envoltente térmica: fachada y cubierta
- Instalaciones: comunes edificio y acometidas viviendas
- Accesibilidad: ascensor
- Reurbanización de todo el conjunto: habilitación tendederos ropa
- Renovación completa del sistema de calefacción mediante calefacción de barrio alimentada por calderas de condensación de gas

- Monitorización de consumo eléctrico con un ahorro energético global esperado del 70%

Los Bloques años 50, 12 viviendas



Figura 3. Bloque años 50, rehabilitado.

Renovación de parte de las instalaciones, y la realización de la Envolvente Térmica mediante los siguientes elementos:

- Aislamiento térmico exterior: sistema integral de aislamiento + acabado en fachada.
- Sustitución de cubierta existente: sustitución de teja existente por panel prefabricado de lana de roca.
- Carpintería, doble ventana: se complementa la carpintería existente con una nueva carpintería formando una cámara intermedia de aire.
- Galerías en fachada posterior: ampliación de losas de balcones hasta 1,50m y cierre mediante carpintería de aluminio formando una doble piel a modo de captador solar.

En uno de los dos portales rehabilitados se ha incluido una instalación de paneles fotovoltaicos integrados en la cubierta; por medio del sistema de alquiler de cubierta.

RESULTADOS

Las monitorizaciones

El informe de monitorización realizado por CENER demuestra que los ahorros obtenidos en los edificios son los siguientes:

Los 100 Pisos, 90 viviendas

Después de la Rehabilitación 2011 – 2012				Después de la Rehabilitación 2012 – 2013			
Ahorro energético anual		Ahorro emisiones anuales		Ahorro energético anual		Ahorro emisiones anuales	
kWh	%	Ton de CO2	%	kWh	%	Ton de CO2	%
691.521	57,7 %	166,3	50,3%	669.727	64,2%	152,7	47,6%

Figura 4. Cuadro de ahorros de los cursos 2011-2012 y 2012-2013.

Además, en uno de los bloques reformados (Delgado Garcés nº 12) se instaló un campo fotovoltaico en el techo, cuya potencia máxima es de 24 kWp. El sistema está conectado a la red eléctrica y la cantidad de energía producida se presenta a continuación:

	ENERGY PRODUCTION IN THE PHOTOVOLTAIC FIELDS (kWh)											
	2012						2013					
	June	July	August	September	October	November	December	January	February	March	April	May
PV Field-roof in the "100 Dwellings" building (24kWp)	3.607	3.929	3.401	2.596	1.762	1.101	968	1.134	1.341	2.021	2.712	2.981

Figura 5. Cuadro de producción fotovoltaica en bloque Delgado Garcés.

Los Bloques años 60-70, 44 viviendas

Después de la Rehabilitación 2011 – 2012				Después de la Rehabilitación 2012 – 2013			
Ahorro energético anual		Ahorro emisiones anuales		Ahorro energético anual		Ahorro emisiones anuales	
kWh	%	Ton de CO2	%	kWh	%	Ton de CO2	%
337.925	57,7 %	100,2	61,6%	368.939	62,5%	115,3	70,9%

Figura 6. Cuadro de ahorros de los cursos 2011-2012 y 2012-2013.

Los Bloques años 50, 12 viviendas

Después de la Rehabilitación 2011 – 2012				Después de la Rehabilitación 2012 – 2013			
Ahorro energético anual		Ahorro emisiones anuales		Ahorro energético anual		Ahorro emisiones anuales	
kWh	%	Ton de CO2	%	kWh	%	Ton de CO2	%
94.181	56,6 %	30,0	67,0%	107.695	64,8%	34,9	77,9%

Figura 7. Cuadro de ahorros de los cursos 2011-2012 y 2012-2013.

En este caso, el ahorro de energía es más importante. La razón de este ahorro de energía podría ser atribuible a la actual situación económica de las familias, que limitan el uso de los sistemas de calefacción. Sin embargo, el tamaño de la muestra no es lo suficientemente representativa.

Además, uno de los bloques reformados (Clemos Burgaleta 1) ha tenido un campo fotovoltaico instalado en el techo, cuya potencia máxima es 12kWp. El sistema está conectado a la red eléctrica y la cantidad de energía producida se presenta a continuación:

	ENERGY PRODUCTION IN THE PHOTOVOLTAIC FIELDS (kWh)											
	2012						2013					
	June	July	August	September	October	November	December	January	February	March	April	May
PV Field-roof in the "100 Dwellings" building (24kWp)	3.607	3.929	3.401	2.596	1.762	1.101	968	1.134	1.341	2.021	2.712	2.981

Figura 8. Cuadro de producción fotovoltaica en bloque Clemos Burgaleta.

Calefacción Central San Juan Bautista, 486 viviendas

Después de la Rehabilitación 2011 – 2012				Después de la Rehabilitación 2012 – 2013			
Ahorro energético anual		Ahorro emisiones anuales		Ahorro energético anual		Ahorro emisiones anuales	
kWh	%	Ton de CO2	%	kWh	%	Ton de CO2	%
337.925	57,7 %	100,2	61,6%	368.939	62,5%	115,3	70,9%

Figura 9. Cuadro de ahorros de los cursos 2011-2012 y 2012-2013.

Esta circunstancia solo puede justificarse con un cambio en el comportamiento del usuario, debido principalmente a la actual situación económica del país.

Valoración de Casa Bioclimática

Para valorar las candidaturas a los Premios Endesa a la Rehabilitación Inmobiliaria más Sostenible, desde un punto de vista técnico, se han tenido en cuenta los 16 criterios que aparecen en el cuadro anexo, inspirados en la Declaración de “Criterios para la edificación medioambiental” de la Asociación Casa Bioclimática. Estos 16 puntos, a su vez, se dividen en varias variables más, hasta formar una matriz de análisis de 72 ítems.

Las valoraciones de cada ítem van de -1 (en rojo, no cumple el CTE) hasta +3 (máxima puntuación). Al tratarse de una candidatura global única, se hizo un promedio de las 3 actuaciones.

Los resultados del diagnóstico previo del Comité Técnico de los Premios fue el que se refleja en el siguiente cuadro:

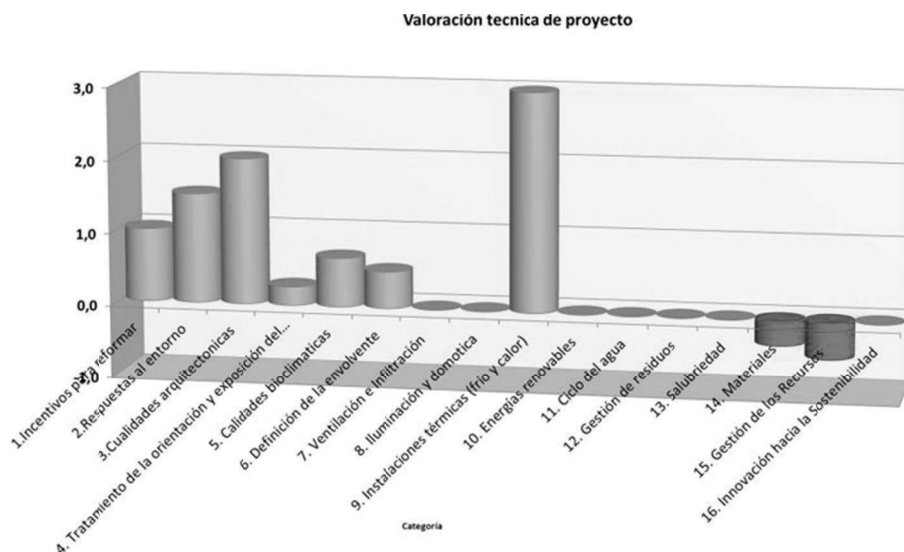


Imagen 10. Valoración técnica del Comité Técnico de los Premios Endesa.

Este diagnóstico previo señaló que Lourdes Renove destacaba por las instalaciones térmicas aplicadas y las reformas de las envolventes de los edificios desde el exterior. Todo ello ha supuesto una mejora sustancial del confort de los usuarios, que además obtienen un ahorro notable de los costes energéticos.

El Jurado también puso énfasis en la buena labor de comunicación y relaciones públicas del Ayuntamiento de Tudela para lograr la complicidad de los vecinos del barrio, que aceptaron afrontar las incomodidades de las obras de rehabilitación por una causa en la que creyeron. Valoración de los usuarios

Como se puede ver en el vídeo grabado con testimoniales de los vecinos, hay una gran satisfacción por cómo se les explicó el proyecto, cómo se realizó y el confort y ahorro energético que están teniendo. Ver: www.youtube.com/watch?v=sJwOHX0A8wU

CONCLUSIONES

El proyecto Lourdes Renove destaca por la rehabilitación energética integral de las envolventes desde el exterior, logrando importantes ahorros de consumo energético, como se está comprobando en las monitorizaciones de seguimiento del CENER y como aprecian los usuarios en sus facturas.

L'HDC, EL INDICADOR DE HUELLA DE CARBONO DE LA CIUDAD DE L'HOSPITALET, BARCELONA

Sergi Lopez-Grado Padreny, Arquitecto, Ayuntamiento de L'Hospitalet

Blanca Atienza Gatnau, I.C.C.P., Ayuntamiento de L'Hospitalet

Susana Pinto Cañete, I.C.C.P, Ayuntamiento de L'Hospitalet

Manuel de Zarobe Watiné, Ingeniero Ambiental, Ayuntamiento de L'Hospitalet

Javier Rufas Rivas, Informático, Ayuntamiento de L'Hospitalet

Resumen: El informe ambiental de L'Hospitalet, el "L'HDC" pone en valor las bondades Medioambientales de Proyecto y Obra relacionadas con la Huella de Carbono del proyecto y de la obra. Contempla el Ciclo de vida Completo de la Edificación, la Rehabilitación, la Urbanización y las Infraestructuras. Invita al sector privado a contribuir a la Reducción de la Huella de Carbono de las ciudades. La Administración marca la trayectoria y activa un Observatorio del parque edificado poniendo el foco en el Impacto Ambiental. Cuantificar empíricamente los objetivos ambientales permitirá reconocer y valorar las aportaciones, activar políticas ambientales y asignar retornos que incentiven la colaboración a la Descarbonización las Ciudades.

Palabras Claves: Colaboración Público-Privada, Descarbonización de las Ciudades, Incentivos/Retornos, Infraestructuras, L'HDC, Observatorio de la Edificación, Rehabilitación, Urbanización

EL PROYECTO

Por la Directiva Europea 2006/123/CE el Ayuntamiento de L'Hospitalet ha Publicado una Ordenanza Municipal Reguladora de Licencias de Obras que incluye un "Informe Ambiental cuantificado" en la solicitud de las Licencias de Obra Mayor Privada y Pública.

El Informe Ambiental "L'HDC" pone en valor las bondades medioambientales del Proyecto y la Obra. Es un formulario con preguntas relacionadas con la Huella de Carbono de las decisiones del proyecto y de la ejecución de la obra. Contempla el Ciclo de Vida Completo de la Edificación, la Rehabilitación, la Urbanización y las Infraestructuras.

Se le entrega al Técnico Redactor del proyecto/obra a la solicitud de la Licencia de Obra Mayor con el Proyecto Básico y se le emplaza a cumplimentarlo durante la redacción del Proyecto Ejecutivo.

Invita al Sector Privado a contribuir a la Reducción de la Huella de Carbono de las Ciudades.

La Administración marca la trayectoria y activa un Observatorio de la creación y renovación del parque edificado poniendo el foco en el Impacto Ambiental con el objetivo final de mejorar la Calidad de Vida Urbana.

Cuantificar empíricamente la Contribución a los Objetivos Ambientales Públicos de alcance Europeo 20-20-20 permitirá reconocer y valorar las aportaciones positivas y, en base a las contribuciones declaradas, activar Políticas Ambientales y asignar retornos administrativos que incentiven la colaboración a la descarbonización de L'Hospitalet y las ciudades del Área Metropolitana de Barcelona.

Para ello utiliza las Calculadoras de Huella de Carbono del ITeC, Instituto Técnico de la Edificación de Cataluña y de la Oficina Catalana del Cambio Climático y el CALENER del Ministerio de Industria y Energía, y se apoya en documentos de referencia vigentes.

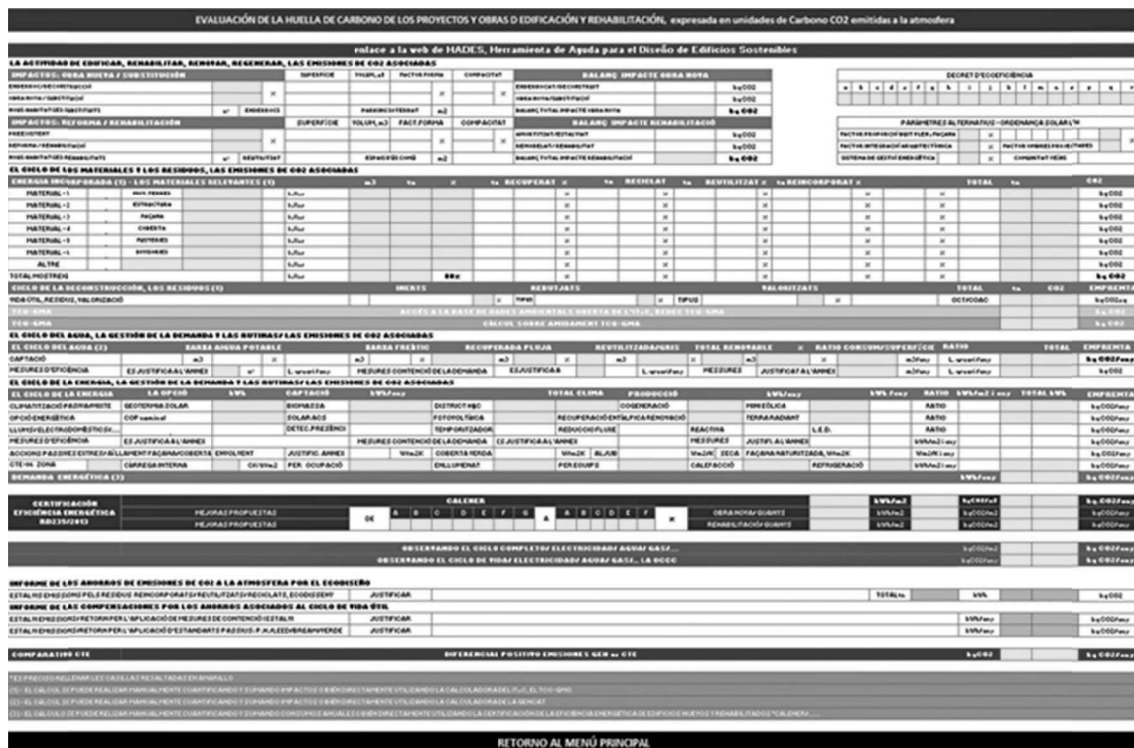


Figura 5. Evaluación de la huella de carbono de los proyectos y obras de edificación y rehabilitación.

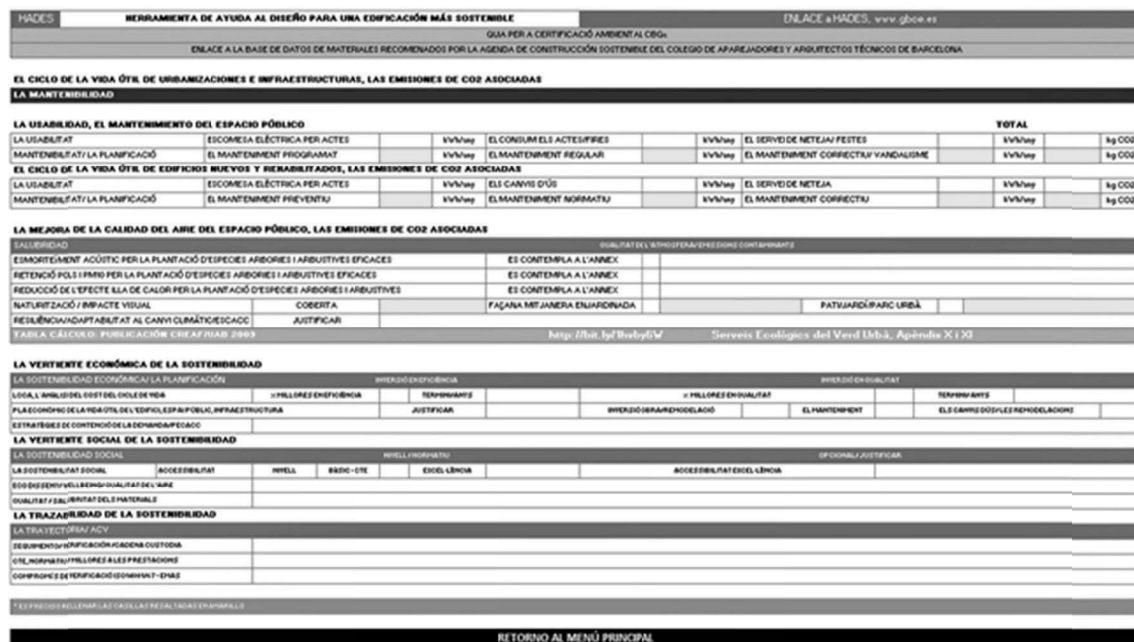


Figura 6. Herramienta de ayuda al diseño para una edificación más sostenible.

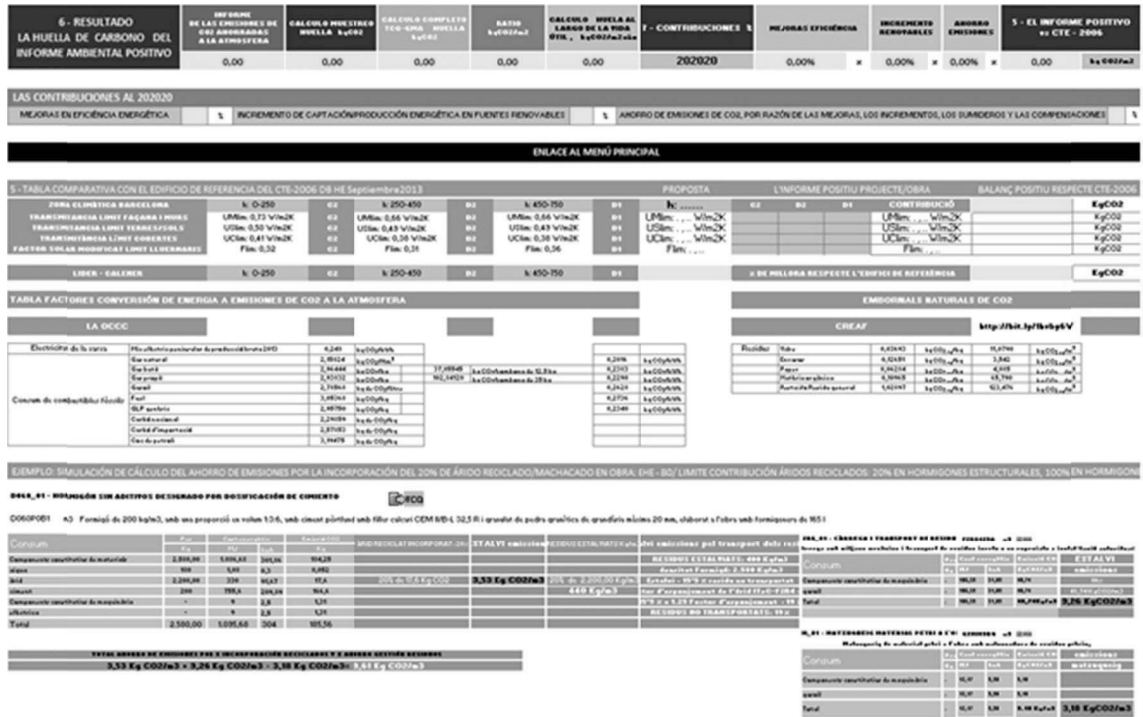


Figura 7. Resultado La Huella de Carbono del Informe Ambiental Positivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Cuantifica el Ciclo Completo de Edificio de Edificio, Rehabilitación y Urbanización del Espacio Público.

En la redacción y mantenimiento del L'HDC Colaboran: La Oficina Catalana del Cambio Climático, L'OCCC; del ITeC, Instituto Tecnológico de la Edificación de Cataluña y la Agencia de Energía de Barcelona del AMB.

Se apoya en HADES, la Herramienta de Ayuda GBCEspaña y utiliza las Calculadoras de L'OCCC, del ITeC, TCQ-GMA con su Base de Datos.

Ambientalizada BEDEC y en los programas Oficiales del Ministerio para las Certificaciones de Eficiencia Energética de Edificios Nuevos y Rehabilitados, CALENER/CX/C3X/CERMA.

RESULTADOS

Ha significado la Activación del "L'HDC" integrado en el Informe Ambiental prescriptivo de todas las Licencias de Obras Mayores, del Ayuntamiento de L'Hospitalet.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Es una herramienta Interescalar P2P en la cooperación Público-Privada.

RECONOCIMIENTOS

Agencia de Energía de Barcelona: Ha colaborado a mejorar el estudio, Leyó el manuscrito y aportó críticas constructivas. ITeC, Instituto Técnico de la Edificación de Cataluña: Aporta su Calculadora de Huella de Carbono, ha colaborado a mejorar el estudio y ha dado acceso a materiales para probar la hipótesis. La Oficina Catalana del Cambio Climático: Aporta su Calculadora de Huella de carbono, ha colaborado a mejorar el estudio y ha dado acceso a materiales para probar la hipótesis.

TRANSITANDO HACIA ECONOMÍAS DE BAJO CARBONO: EURBANLAB Y EL SISTEMA B4U PARA LA ACELERACIÓN DE PROCESOS DE INNOVACIÓN Y DE RENOVACIÓN URBANA

Peter Bosh, Técnico, TNO (Holanda)

Carolina Mateo Cecilia, Técnico, Instituto Valenciano de la Edificación, UEV

Alfonso Fernández Morote, Internship, Instituto Valenciano de la Edificación, UEV

Resumen: La sistematización de la práctica de la renovación urbana se hace hoy día incuestionable, si se quiere avanzar hacia modelos económicos y urbanos de bajo carbono. A pesar de que en el último decenio se han desarrollado métodos para facilitar estas prácticas, algunos aspectos clave como el impacto económico o el proceso, no terminan de estar representados. Por ello, a los parámetros clásicos de evaluación social (People) y medioambiental (Planet), se suman en esta iniciativa los de viabilidad (Profit), proceso (Process) e impacto en el entorno (Propagation). Este es el enfoque de Eurbanlab, una alianza paneuropea cofinanciada por Climate-KIC, con la participación de socios procedentes de París, Londres, Rotterdam, Utrecht, Berlín y Valencia.

Palabras Claves: B4U, Ciudades de Bajo Carbono, Climate-KIC, Eurbanlab, Innovación Urbana, Renovación Urbana, Resiliencia Urbana, Sistemas de Indicadores

ANTECEDENTES

La regeneración de tejidos urbanos consolidados, de la ciudad construida y habitada, es hoy en día una estrategia absolutamente necesaria y decisiva para, por un lado, plantear una alternativa a la proposición de nuevos crecimientos, y por otro, para combatir los procesos de obsolescencia urbana que derivan en el vaciado de los barrios de nuestras ciudades y su consiguiente deterioro físico y social. En definitiva, un planeamiento que ignore el escenario de transformación previsible y sólo contemple la extensión, es inadmisibles porque supondría a la larga una solución más costosa en términos económicos, medioambientales y sociales que terminarían repercutiendo sobre todos (Temes, 2007, pág. 697). Por esta razón, cualquier hipótesis que se plantee alcanzar un horizonte de desarrollo sostenible, ha de hacer suyo el objetivo de renovar el numeroso parque de viviendas existente, y con ello apostar por la renovación urbana de los barrios en los que se insertan. Según el Informe Global de la ONU sobre Asentamientos Humanos del 2009, y ratificado en posteriores informes, en sólo dos décadas, más del 60% de la población mundial vivirá en ciudades, y en algunos países, como es en el caso de España, este porcentaje será aún mayor, casi un 70%. Las proyecciones de futuro reflejan que esta tendencia continuará manteniéndose, y por lo tanto, la escala de actuación prioritaria a nivel mundial para frenar los efectos del cambio climático, serán necesariamente las ciudades. En este sentido, el objetivo de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GHG) tiene en la práctica de la renovación urbana un importante aliado, evidencia que en la actualidad, nadie discute. Estas reflexiones refuerzan la necesidad de potenciar políticas y herramientas que, impulsando actuaciones de regeneración urbana, ayuden a construir el camino hacia nuevos modelos urbanos resilientes y facilitando la transición hacia economías de bajo carbono, como así se desprende de los compromisos adoptados en la Carta de Leipzig sobre Ciudades Europeas Sostenibles del 2007.

Haciendo un balance de la situación actual, nos encontramos con que la regeneración urbana cuenta con un amplio respaldo a nivel político (como la Declaración de Toledo del 2010, o en el marco europeo, la Estrategia Europa 2020), y también con una gran cantidad de herramientas y sistemas de evaluación (como EUROGISE, BREEAM, MEMPD, entre otros) y guías metodológicas de apoyo (como la reciente guía de Modelos de Gestión de la Regeneración urbana del 2011). Sin embargo, existe también un amplio consenso por parte de voces expertas como la de Juan Rubio Val, en diagnosticar la necesidad de

superar la etapa actual, eminentemente teórica, y en la cual dichas prácticas se consideran como experiencias piloto, para alcanzar otra etapa en la que la renovación urbana pueda considerarse una práctica generalizada.

Según esta hipótesis de partida, se considera que aun existiendo en la actualidad multitud de sistemas de certificación a escala urbana, éstos se aplican poco y en muchos casos resultan sistemas sesgados o incompletos (Simón, 2010). Y, por ello, no han conseguido facilitar una mayor percolación de las prácticas de renovación en las dinámicas habituales de transformación y planificación urbanas.

Habitualmente, estas herramientas están demasiado orientadas a calcular los impactos sobre el medio ambiente, y reflejan aspectos muy parciales de la vida urbana y de sus procesos de transformación. Durante el último decenio, en el desarrollo de estos sistemas de indicadores urbanos, se ha primado principalmente la parametrización de aspectos relevantes en lo social (**People**) y en lo medioambiental (**Planet**), dejando infravalorados otros factores que sí son tenidos en cuenta en otros sistemas derivados de los HDI (**Human Development Index**). Estos otros índices, si bien no son tan representativos como parámetros de evaluación medioambiental, sí resultan relevantes como indicadores socio-económicos, y pueden servir de referencia para evaluar las operaciones de renovación urbana. Con ello se promoverá que dichas actuaciones resulten más viables y habituales, y que puedan enmarcarse en programas comunitarios, como por ejemplo, en la Estrategia Europa 2020.

Atendiendo al caso español, algunos de estos factores que quedan fuera de los sistemas de indicadores habituales, parecen estar directamente relacionados con ciertas barreras o resistencias (Verdaguer & Velázquez, 2012, pág. 107-110), y además, son fácilmente extrapolables a otros países del contexto europeo. Estas barreras serían:

- **Barrera 1: La poca iniciativa privada en el liderazgo de proyectos de renovación urbana.** Esto se debe en gran medida a la existencia de un sector inmobiliario anticuado, cuyo modelo de negocio viene heredado del anterior ciclo expansivo, y que se basa principalmente en ofertas de productos inmobiliarios de nueva planta (Figura 1). En este contexto, las operaciones de renovación urbana son iniciadas y gestionadas casi exclusivamente desde el sector público. Por ello, son necesarios incluir factores en los sistemas de certificación que evalúen el peso del trinomio público-privado-mercado, valorando sus niveles de inversión y de beneficios, y con ello tratar de involucrar de forma más activa al partenariado privado en este tipo de operaciones.

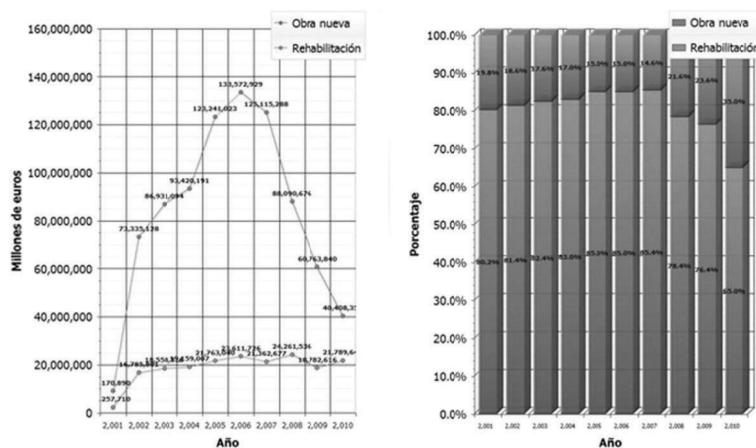


Figura 1. Volumen de negocio de la construcción residencial (Millones de euros) y porcentajes de obra nueva y rehabilitación. Fuente: Boletín Especial de Rehabilitación y Alquiler del Observatorio de Vivienda y Suelo. Ministerio de Fomento, 2013.

- **Barrera 2: La falta de evaluación del proceso.** Pese a que la gran mayoría de estudios y guías sobre gestión en procesos de renovación urbana, aconsejan un seguimiento periódico por parte del gestor de los procesos de proyecto e implementación (Aparicio & di Nanni, 2011, pág. 37-40), la cultura administrativa y profesional mayoritaria se presenta aún reacia a adoptar dichos procedimientos, o cuando lo hace, no se extrae de un criterio claramente definido para evaluar la actividad de los diferentes agentes involucrados. Se hace entonces necesario contar con indicadores que evalúen de manera clara y sistemática el proceso de proyecto.
- **Barrera 3: La poca influencia de los proyectos piloto como modelos extrapolables y su impacto social.** Como se dijo anteriormente, los proyectos de renovación urbana se presentan habitualmente como casos piloto, excepcionales y notables, pero no como estrategias generalizadas que pudieran ser fácilmente extensibles a otros entornos urbanos. Se hace necesario entonces una mejor evaluación de sus mecanismos de difusión. Así mismo, el análisis de los casos de renovación, demuestra que para garantizar el éxito de sus actuaciones, es necesario analizar también la influencia de las acciones en el vecindario, es decir, el impacto social del proyecto y de su nivel de aceptación (Verdaguer & Velázquez, 2012, pág. 110).

Por lo tanto, y pese a los esfuerzos realizados desde la administración pública para la creación de sistemas de indicadores más completos (como los desarrollados por el Grupo de Trabajo de Indicadores de la Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible), se considera que actualmente siguen estando vigentes dichas barreras, y que por ello es necesaria la revisión de estos sistemas y de las políticas e iniciativas en las que se enmarcan. Con ello se pretende promover un escenario en el que se identifique la regeneración urbana como una iniciativa viable económicamente, que genera valor añadido e innovación en la línea marcada por la estrategia europea Horizonte 2020, y que sea capaz de despertar el interés del sector privado en los procesos de renovación, sin que ello suponga el descuido del interés general o el menoscabo de la gestión pública. Es con dichos objetivos estratégicos comunes, con los que surge el proyecto de Urbanlab, una alianza paneuropea cofinanciada por Climate-KIC (una de las tres comunidades de conocimiento e innovación creadas en 2010 por el Instituto Europeo de Innovación y Tecnología), con la participación de socios europeos procedentes de París, Londres, Rotterdam, Utrecht, Berlín y Valencia.

Este proyecto pretende acelerar la innovación urbana mediante la puesta en común de conocimiento y experiencias, y en última instancia, estimulando nuevos modelos de negocio en el ámbito de las ciudades resilientes y de las economías de bajo carbono. En esta línea se desarrolla, entre otras iniciativas, el sistema de indicadores B4U, para identificar y evaluar los factores que contribuyen al éxito de los procesos de renovación y de innovación urbana.

PROFIT, PROCESS Y PROPAGATION: LAS CATEGORÍAS DEL SISTEMA B4U DE VALOR DIFERENCIAL

En el enfoque de Urbanlab, se suman a las categorías habituales de evaluación medioambiental (**Planet**) y social (**People**), las variables de viabilidad económica (**Profit**), evaluación del proceso (**Process**) y análisis de los mecanismos de divulgación e implementación (**Propagation**), las denominadas 5Ps (Figura 2). A partir de estas cinco categorías principales, se definen los parámetros de interés enmarcados en 35 Ejes (**Axis**) o líneas principales, y estas a su vez, se desarrollan en grupos de indicadores específicos.

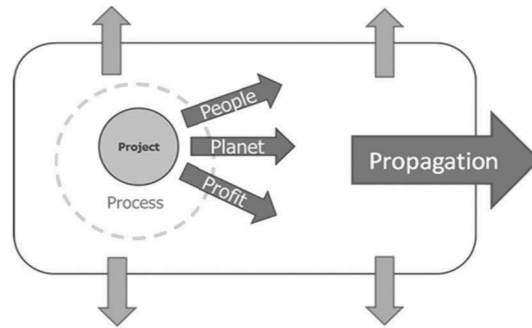


Figura 2. Esquema del impacto del proyecto, a partir de la aproximación 5Ps de Urbanlab. Fuente: Elaboración propia.

En esta comunicación se introducirán sólo las tres categorías que realmente suponen un valor diferencial respecto de otros sistemas de indicadores. Éstas son Profit, Process y Propagation, que a continuación se presentarán brevemente:

- **Profit: Viabilidad y repercusión económica.** Para hacer habituales las actuaciones de regeneración urbana en la práctica urbanística, se hace necesaria la introducción de nuevos vectores de innovación en la sociedad, que estén apoyadas por los sectores más avanzados del mercado (Buck et. al, 2005). De esta manera, se hace necesario hacer converger y compatibilizar los intereses de inversores públicos y privados, con las políticas y objetivos comunes en materia de sostenibilidad. Esta categoría desarrolla indicadores que evalúan la viabilidad económica del proyecto y la influencia que ejerce en su ámbito de actuación, y en el caso concreto de su aplicación sobre proyectos de renovación urbana, define el impacto que ésta supone para sus gestores, habitantes y grupos empresariales involucrados. Estos indicadores sirven para desarrollar el modelo de negocio o **Business Case**, y para justificar económicamente la inversión en el desarrollo de proyectos de renovación urbana y en políticas de ciudades de bajo carbono. **Profit** desarrolla sus indicadores en líneas que tratan de cuantificar el valor añadido del proyecto y su rendimiento, utilizando parámetros financieros habituales como el periodo de retorno o la relación entre costes y beneficios, e incluyendo otros que analizan su impacto sobre la economía local, como el uso de mano de obra local o el ahorro en la factura energética de los residentes.
- **Process: Óptimo desarrollo del proceso de proyecto.** A este respecto, cabe señalar que si bien en la primera generación de sistemas de certificación urbana, la evaluación del proceso no era un parámetro prioritario (Simón, 2010), esta categoría sí que fue introducida más tarde. De cualquier forma, está ampliamente probada la importancia que supone realizar un correcto asesoramiento y control del proceso de proyecto en actuaciones de renovación e innovación urbana, principalmente debido al carácter heterogéneo de las acciones que comprende y a la participación en el mismo de un elevado número de agentes de diferente peso y grado de implicación. Así mismo, aunque los mecanismos de gestión no son iguales en todos los países, este tipo de actuaciones generan similares incertidumbres a lo largo del proceso de implementación. Esta categoría de **Process** evaluará aspectos que tienen que ver con la solvencia del equipo de proyecto, con el apoyo de las administraciones públicas y los entes gestores, con la buena coordinación del partenariado y con el adecuado seguimiento de las actuaciones en cada fase.
- **Propagation: La aceptación social de su implementación y su exportabilidad a otros contextos.** Los proyectos de regeneración urbana producen un substancial impacto socio-económico y medioambiental en la sociedad. Siguiendo esta línea, una adecuada estrategia de divulgación puede repercutir positivamente en una rápida asimilación de dichas prácticas en

otros lugares, y como objetivo último, servir de soporte para dirigir las políticas de gestión urbana hacia modelos basados en las ciudades resilientes y de bajo carbono. Muchas de estos indicadores de **Propagation**, están basadas directa o indirectamente en las teorías de difusión de innovaciones de Rogers (1995), que relacionan el potencial de difusión con la capacidad del proyecto para ser aplicado en otros entornos. Dicha categoría de indicadores pretende cuantificar la complejidad de la propuesta, su compatibilidad con el contexto sociocultural en el que se inserta y su influencia en la práctica profesional y en la regulación vigente.

Después de evaluar el proyecto en sus 5Ps, la herramienta B4U permite realizar un ajuste de sus resultados, equilibrando sus pesos relativos según la especificidad del proyecto y su ámbito de actuación. Además, este sistema realiza un proceso de normalización de los resultados, que permite compararlos las categorías entre sí. En resumen, el sistema de evaluación y asesoramiento de B4U desarrolla una metodología que le permite realizar una valoración compleja del proyecto, pudiendo abarcar desde casos de renovación hasta otras innovaciones urbanas más específicas. Otro de sus valores es su capacidad de mostrar claramente el impacto del proyecto en su entorno, gracias a su proceso de normalización y a su sistema de evaluación (Figura 3), permitiendo comparar sus resultados con otros casos y detectar fortalezas y debilidades en su concepción y desarrollo.

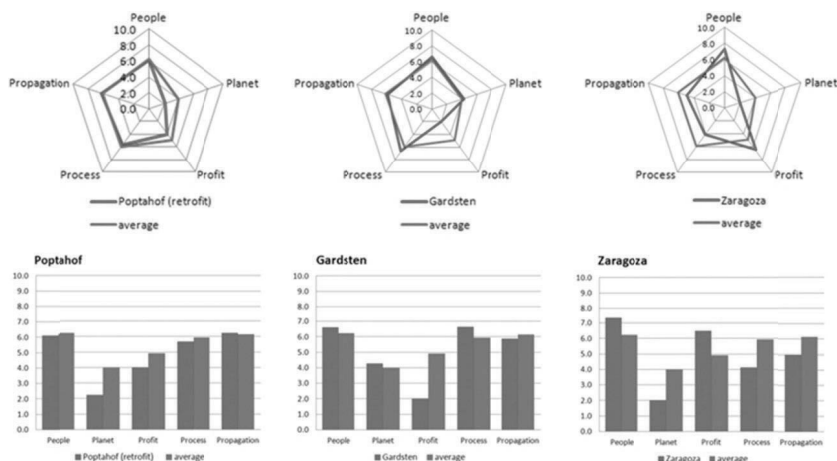


Figura 3. Gráficas de resultados normalizados a partir de la aplicación del sistema de indicadores B4U para los casos de estudio de Poptahof, Gårdsten y Zaragoza.

Resultados de la aplicación de la herramienta B4U en casos reales

La herramienta B4U ha sido aplicada por el momento a 10 proyectos de innovación urbana. Cinco de ellos en Holanda, uno en Suecia, dos en Reino Unido, uno en Bélgica, uno en Alemania y otro en España. La mayor parte de ellos corresponden a proyectos de regeneración urbana. Se comentarán a continuación algunos de los resultados generales obtenidos en tres de ellos: Poptahof, Gårdsten y Zaragoza.

- **El caso de estudio de Poptahof en Holanda (Figura 4)**, supone la renovación de un distrito residencial construido en la década de 1960 y renovado por primera vez entre 2003 y 2010. Cabe señalar que dicho tejido urbano es uno de los más densos de Europa, y está compuesto mayoritariamente por bloques de viviendas sociales (cerca de 1100 viviendas). Gracias a su evaluación a través de la herramienta B4U se caracterizaron factores de gran influencia para el éxito de la intervención en las categorías **Profit**, **Process** y **Propagation**. Así fueron documentados y analizados aspectos como la existencia de un fuerte apoyo y liderazgo desde el ámbito político, una estrategia de colaboración original público-privada y la aplicación de un intensivo programa de monitorización y concienciación de los inquilinos sobre el proyecto y sus fases. También se constató el modo en el que un asesoramiento financiero, técnico y

medioambiental en fases iniciales del proyecto, garantizan su éxito, y se cuantificaron los beneficios de la renovación frente a la construcción de nueva planta.



Figura 4. El caso de estudio de Poptahof en Holanda.

- **En el barrio de Gårdsten, en Suecia (Figura 5)**, se evaluó la renovación de un distrito residencial construido en la década de 1970 bajo un programa estatal de viviendas (**million new homes program**) y que fue llevada a cabo entre 1998 y 2005 por la compañía pública de viviendas Gårdstensbostäder. Los indicadores mostraron también en este caso que el éxito era debido a factores de gran influencia sobre la categoría de **Process**, que reflejaban una estrecha cooperación entre la gestora de la actuación y los inquilinos, así como al desarrollo de una extensa fase de diseño (contando con numerosos análisis y consultas a expertos) que proporcionó las condiciones necesarias para acometer una fase de ejecución eficiente, cumpliendo los plazos de proyecto. Por último, se observó que los contratos de construcción desde la entidad gestora con varias empresas subcontratadas, abarataron a la larga el coste de la renovación y permitieron a los desarrolladores tener un mayor control sobre las técnicas aplicadas.



Figura 5. El caso de estudio de Gårdsten en Suecia.

- **En el caso de estudio de Zaragoza (Figura 6)**, se evaluó el programa de renovación de 21 conjuntos urbanos vulnerables localizados en diferentes partes de la ciudad. Este proyecto contempla la renovación de hasta 8.000 viviendas, muchas de ellas localizadas en bloques construidos entre 1945 y 1965. La evaluación de este caso mostró cómo determinados parámetros de la categoría de **Process** fueron decisivos para el éxito de la actuación, y para su influencia posterior sobre otros planes y programas urbanísticos. De nuevo, se constató la importancia de contar con un fuerte apoyo gubernamental. También cabe destacar, la acertada estrategia seguida por la gestora para involucrar a los habitantes de estos barrios. Para ello, se crearon oficinas de proximidad en el barrio, así como oficinas de gestión administrativa centralizada o de “ventanilla única”. Estas medidas procedimentales, han intensificado el asociacionismo y la propia práctica de la renovación en el área, influyendo notablemente en los resultados de las categorías de **Profit** y **Propagation**. Además, la renovación llevada a cabo en uno de los conjuntos, ha propiciado un proyecto piloto específico: El Plan de Renovación y Revitalización del barrio de Picarral-Balsas de Ebro Viejo.



Figura 6. El caso de estudio de Zaragoza.

CONCLUSIONES

Resultados como los comentados anteriormente, derivados de las evaluaciones del sistema de indicadores B4U de Urbanlab sobre proyectos de renovación urbana, permiten caracterizar factores internos determinantes en el éxito de su implementación. Con ello, es posible corregir debilidades durante su concepción y también conocer información relevante sobre su impacto económico mediante la prospección de:

- Su adecuación a la demanda del mercado (**Connection to market demands**).
- Su flexibilidad en cuanto a su aplicación en otros contextos (**Flexibility**).
- Su valor como oportunidad de negocio en nuevos modelos de mercado, como los impulsados por las políticas del Green Deal británico. (**Windows of opportunity**).
- Los marcos legislativos y regulaciones que le sirven de soporte. (**Supportive regulatory frameworks**).

En definitiva, el uso de sistemas de evaluación y asesoramiento como B4U, junto con la difusión de sus resultados, pueden contribuir a una mayor generalización de los procesos de renovación urbana. Con ello, se apostará por la renovación urbana como una práctica indispensable para alcanzar modelos de ciudades más resilientes y sustentables, y favoreciendo así el tránsito hacia una economía global de bajo carbono.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Aparicio, A. & di Nanni, R., 2011, *Modelos de gestión de la regeneración urbana*, Entidad Estatal del Suelo (SEPES), Madrid.

Buck, N. & Gordon, I. & Harding, A, 2005, *Changing Cities. Rethinking Urban Competiveness, Cohesion and Governance*, Palgrave/MacMillan, New York.

Rogers E.M., 1995, *Diffusion of Innovations*, The Free Press, New York.

Rubio del Val, J., 2010, *La hora de la rehabilitación urbana sostenible en España*. Artículo recogido en el informe: Cambio Global España 2020/50 Sector Edificación, Madrid.

Simón, M., 2010, *Herramientas para evaluar la sostenibilidad de las intervenciones urbanas en barrios*. Ponencia en el Congreso SB10mad, Madrid.

Temes, R. R., 2007, *El tapiz de Penélope. Transformaciones residenciales sobre tejidos sin valor patrimonial*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Verdaguer, C. & Velázquez I., 2012, *Pasos hacia la regeneración urbana ecológica: más allá de la eficiencia energética*. Artículo recogido en el informe Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales (CyTET), Ministerio de Fomento, Madrid.

Página web de Climate KIC: <http://www.climate-kic.org>

LA INMÓTICA COMO SOLUCIÓN EFICIENTE PARA LA GESTIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS

Abelardo Gutierrez Suanzes, Director I+D+i, Prodisei Technologies S.L.

Alfredo García Rubio, Director Proyectos, Prodisei Technologies S.L.

Luis Albert Ferrer, Responsable Sistemas Gestión, Prodisei Technologies S.L.

Resumen: La inmótica, no sólo contribuye de manera significativa al objetivo de eficiencia energética, sino que es capaz de gestionar todas las funcionalidades de un edificio logrando que las labores de mantenimiento estén centralizadas. La integración de todos los sistemas bajo una única plataforma de supervisión es fundamental para mejorar cualitativamente la eficiencia de gestión de cualquier infraestructura. Además, se reducen costes económicos y la calidad de la gestión se mantiene en el tiempo. Si no se dispone de un servicio de mantenimiento preventivo, la calidad de la gestión se verá comprometida a corto plazo. La inmótica supone una optimización decisiva en la gestión y mantenimiento de cualquier tipo de infraestructura.

Palabras Claves: Calidad, Consumo Energético, Costes de Ciclo de Vida, Eficiencia, Integración, Prestaciones de Servicio, Prevención

INTRODUCCIÓN

La aprobación de la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética ha supuesto un compromiso decidido de la Unión Europea para asegurar la sostenibilidad futura de los recursos energéticos. Así, todos los estados miembros deben establecer programas nacionales de eficiencia energética y trasponer la Directiva a sus respectivos ordenamientos jurídicos para antes del 5 de junio de 2014.

Entre los ámbitos de actuación preferente, el parque inmobiliario constituye uno de los núcleos de mayor potencial de ahorro energético, estableciéndose medidas concretas en los Artículos 4, 5 y 6 de la Directiva Comunitaria. De esta forma, hay un compromiso de los Estados en que los edificios públicos se conviertan en referentes para la sociedad en lo que concierne a su gestión energética a partir de 2015.

Según estudios realizados en 2011 por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) los principales consumos energéticos en los edificios se encuentran en los sistemas de climatización (59%) y de iluminación (28%) según se refleja en la Figura 1. Por tanto y en primera instancia, los principales esfuerzos para conseguir una reducción significativa de costes en el sector inmobiliario existente deben centrarse en la adopción de medidas de eficiencia a través de la renovación tecnológica de equipamiento obsoleto y mediante una gestión eficiente de los sistemas de iluminación y clima con plataformas inmóticas que automaticen y supervisen tanto sus funcionalidades como el funcionamiento del resto de sistemas del edificio (audiovisuales, control de accesos, alarmas técnicas etc.).

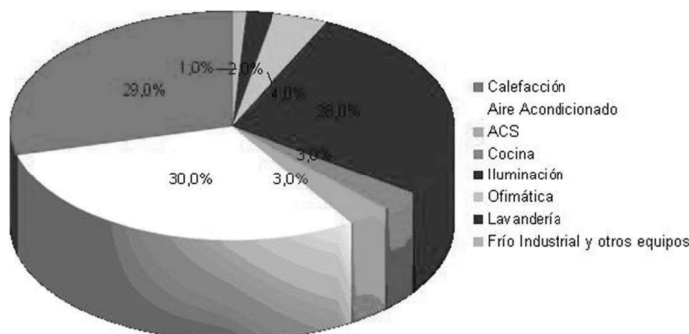


Figura 1. Distribución del consumo energético de edificios del sector terciario en España (Fuente: IDAE, 2011).

Pero, sin lugar a dudas, el mayor ahorro de costes en la gestión de los edificios a medio y largo plazo radica en disponer de un plan de mantenimiento adecuado que preserve las prestaciones del edificio durante toda su vida útil. Esto es lo que se denomina gestionar los activos de un edificio basado en el Coste del Ciclo de Vida (CCV).

El CCV comprende los costes totales (recurrentes y no recurrentes) que se incluyen en el diseño, proyecto, construcción, mantenimiento, rehabilitación y, en su caso, demolición a lo largo de la vida del activo. Minimizar el CCV hace que el balance de la gestión del edificio sea óptimo. En la Figura 2 se muestra una distribución de costes durante las distintas etapas del ciclo de vida del edificio según se establece en la norma ISO 15686-5:2008 Buildings & constructed asset – Service life planning- Part 5: Life Cycle costing.

Se observa que las etapas de mantenimiento y rehabilitación del edificio suponen más del 50% de los costes totales durante la vida del edificio. Por tanto, una gestión planificada a través del establecimiento de una metodología clara y rigurosa se hace imprescindible para optimizar la sostenibilidad del edificio a lo largo del tiempo.

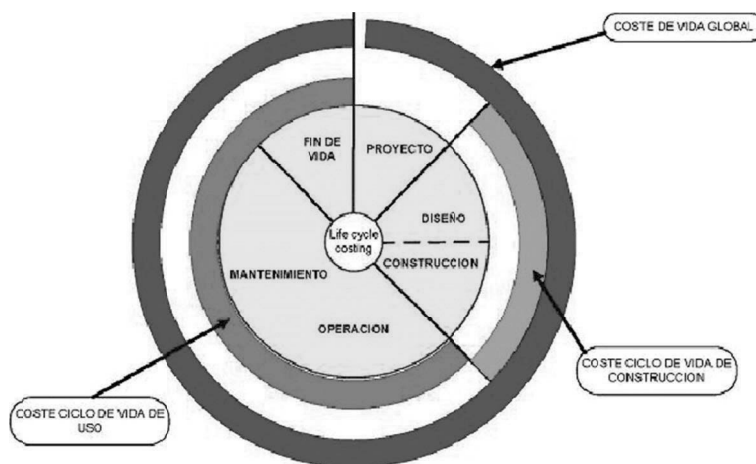


Figura 2. Análisis de las diferentes etapas del Ciclo de Vida (Fuente: ISO 15686-5:2008).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para poder abordar una gestión planificada del funcionamiento de un edificio es necesario, en primer lugar, calcular los costes relacionados con su demanda energética en función de los sistemas que integra. Así, la Norma UNE-EN 15459 (Eficiencia energética de los edificios) proporciona un método de cálculo para la evaluación económica de los sistemas relacionados con la demanda energética y el consumo de energía de cualquier tipo de edificio.

Pero es fundamental la existencia de un marco metodológico normalizado para realizar un estudio integral sobre la gestión de cualquier edificio durante todo su ciclo de vida. El Reglamento Delegado (UE) Nº 244 (2012) de 16 de enero de 2012 precisa las normas que deben aplicarse para comparar las medidas de eficiencia energética, las medidas que integren fuentes de energía renovables y los paquetes y variantes de esas medidas con el fin de calcular los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética del edificio y de sus elementos. Es importante señalar que, para nuevos edificios, debe haber una interacción importante entre los equipos que van a diseñar y construir el inmueble y los que van a gestionarlo una vez puesto en marcha (labores de mantenimiento) con el fin de asegurar la eficiencia energética global prescrita (CIBSE, 2006).

Clasificación de los elementos del edificio			Ciclo de Vida		
Nivel 1	Nivel 2 Grupos de Elementos	Nivel 3 Elementos Individuales	Vida Estimada en años	Coste de Mantenimiento de Mantenimiento	Coste Recomendado de Limpieza
A SUBESTRUCTURA	A10 Cimentaciones	A1010 Cimentaciones Sólidas			
		A1020 Salidas			
B INTERIORES	A20 Construcción Bajo Rascante	A2010 Estructuras del Sistema			
		A2020			
C INTERIORES	B10 Fachada	B1010 Construcción de Plantas			
		B1020			
D SERVICIOS	C20 Escaleras	C2010 Construcción de Escaleras			
		C2020			
E EQUIPAMIENTO Y MOBILIARIO	C30 Acabados Interiores	C3010 Compartimentaciones			
		C3020 Suelos			
D SERVICIOS	D10 Transporte	D1010 Ascensores			
		D1020 Escalera mecánica			
D SERVICIOS	D20 Fontanería	D2010 Distribución de agua sanitaria			
		D2020 Grupos de Presión			
D SERVICIOS	D30 HVAC	D3010 Residuos sanitarios			
		D3020 Pluviales			
D SERVICIOS	D40 PCV	D4010 Suministro de Energía			
		D4020 Instalación de Calef			
D SERVICIOS	D50 Electricidad	D5010 Generación de frío			
		D5020 Sistema de Distribución			
D SERVICIOS	D60 Iluminación	D6010 Unidades Compactas			
		D6020 Lámparas e Iluminación			
D SERVICIOS	D70 Seguridad	D7010 Sistemas de Operación			
		D7020			
E EQUIPAMIENTO Y MOBILIARIO	E10 Equipamiento	E1010 Sprinklers			
		E1020 Columnas fijas			
E EQUIPAMIENTO Y MOBILIARIO	E20 Mobiliario	E2010 Sistema de Detección			
		E2020			

Figura 3. Análisis para elaborar estrategia de mantenimiento de un edificio.

Finalmente, es necesario disponer de directrices normalizadas con el fin de elaborar e implementar un plan estratégico de gestión de la infraestructura. En este sentido, acaba de publicarse, en marzo de 2014, las normas ISO Asset Management System Standards (55000, 55001 y 55002) relacionadas con la gestión de cualquier activo, incluyendo el sector inmobiliario. Así la ISO 55000:2014 establece los principios y terminología que deben tenerse en cuenta a la hora de desarrollar este plan (Figura 4).

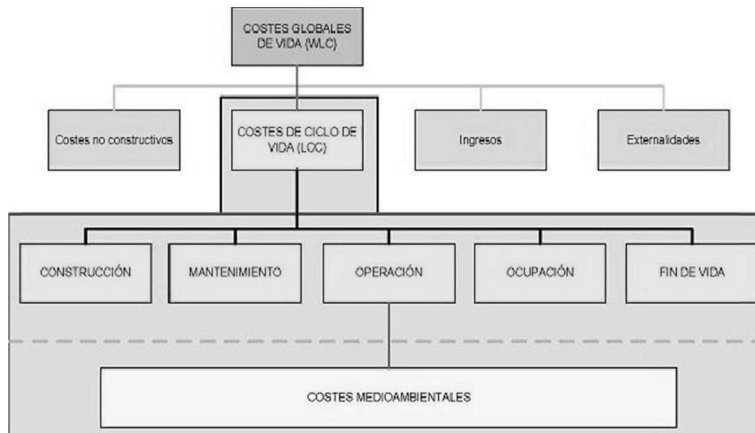


Figura 4. Aspectos a considerar en el plan de gestión de un edificio.

La sostenibilidad de un edificio depende de la gestión de cuatro aspectos fundamentales: mantenimiento preventivo, reducción del mantenimiento demorado, renovación de elementos y actualización funcional (Sawers, 2000). En definitiva, es esencial desarrollar una estrategia de mantenimiento del activo inmobiliario basado, sobre todo, en uno de tipo preventivo. Esto es, aquél que se realiza sobre el activo para adelantarnos a la causa de cualquier fallo bien mediante un mantenimiento planificado bien mediante un mantenimiento condicionado.

La inmótica se convierte en una herramienta esencial para conseguir, no solo preservar la calidad de los servicios de un edificio sino incluso para lograr reducir significativamente los costes económicos de mantenimiento del activo. Funcionalidades inmóticas básicas como la gestión de la climatización, la regulación automática de la iluminación, la detección de presencia, el control horario o la monitorización de consumo eléctrico se integran en una única plataforma de gestión. Además de

permitir una supervisión remota de la instalación, la inmótica es un agente clave y activo de todo plan de mantenimiento por su carácter supervisor y preventivo.

RESULTADOS

Las primeras medidas a tomar para asegurar la gestión óptima del edificio es incorporar las innovaciones tecnológicas necesarias en los sistemas existentes que conduzcan a un ahorro energético significativo. Como ejemplo altamente ilustrativo, se muestra en la Figura 5 los ahorros que se consiguen durante toda la vida útil de un edificio si se utiliza tecnología LED en la iluminación frente a otras tecnologías convencionales.

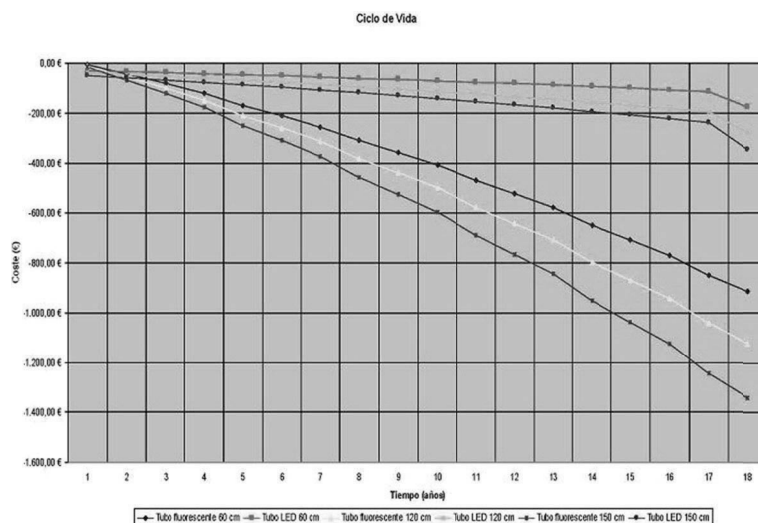


Figura 5. Comparación de costes de mantenimiento entre distintos tipos de luminarias para un local comercial.

La importancia de disponer de un plan de mantenimiento para los distintos sistemas de un edificio queda reflejada en la Figura 6 donde es evidente que su carencia, no solo incrementa los costes, sino que reduce la vida útil del edificio al afectar a su integridad funcional.

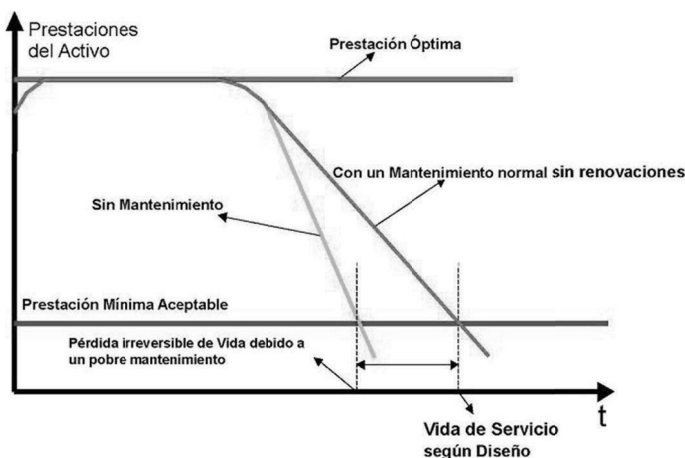


Figura 6. Reducción de vida del activo si no existe plan de mantenimiento.

Un plan de mantenimiento del edificio debe contemplar, asimismo, acciones de renovación periódica de los elementos del activo acompañadas de actualizaciones funcionales en caso de que lo permita el avance de la tecnología utilizada para los sistemas del inmueble. La Figura 7 muestra como una combinación de mantenimiento y renovación de elementos incrementa las expectativas iniciales de vida útil del activo de forma significativa.

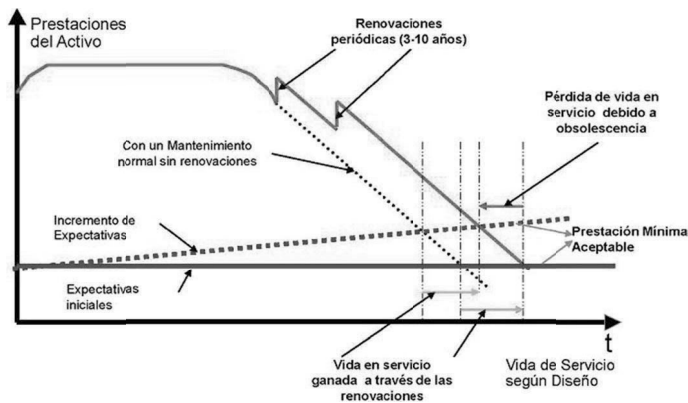


Figura 7. Incremento de vida del activo si existe plan de mantenimiento con renovación periódica de elementos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La razón de ser de la inmótica es la integración de todos los sistemas existentes en un edificio (básicos y específicos) bajo una única plataforma de supervisión. Aunque los distintos sistemas pueden seguir funcionando de forma autónoma si así se requiere, esta supervisión integral permite abrir numerosas posibilidades para mejorar notablemente la eficiencia de la gestión global de la infraestructura. Además de poder establecer marcos de interacción entre distintos sistemas en base a unos requerimientos determinados, es posible extraer información relevante de cada uno de ellos con el fin de programar nuevas funcionalidades de gestión. Por ejemplo, combinando información de consumos energéticos es posible establecer estrategias de prevención de averías actuando sobre los distintos sistemas de gestión del edificio.

De esta forma, la incorporación de una gestión inmótica del edificio al plan de mantenimiento supondrá numerosas ventajas logísticas dado su carácter centralizador. La existencia de numerosos sistemas, de distinta naturaleza tecnológica y complejidad funcional, obliga a que los técnicos de mantenimiento tengan conocimientos básicos de todos ellos con el fin de identificar la naturaleza del problema cuando haya sido detectado. La visualización de cualquier avería bajo una única plataforma inmótica simplifica claramente la logística de reparación.

Un potencial muy interesante de todo mantenimiento basado en una plataforma inmótica es la posibilidad de que los distintos servicios técnicos externos pueden supervisar de forma remota su instalación de forma periódica, identificando posibles averías o malfuncionamientos antes que los técnicos de mantenimiento del edificio. Incluso sería posible repararlos en caso de que fuera posible. Por ejemplo, todas las empresas que proporcionan servicio técnico para los distintos sistemas podrían conectarse de forma remota a la misma aplicación por lo que se evitarían muchos malentendidos técnicos entre distintos proveedores de servicios a la hora de identificar el responsable de la resolución de la avería. Evidentemente, los trabajos de reparación se coordinarían más fácilmente y sería posible planificar las actuaciones correctivas.

La inmótica debe convertirse en una herramienta fundamental y clave para conseguir el objetivo prioritario de ahorro energético en edificios establecido en la Directiva 2012/27/UE. No sólo potencia la incorporación de nueva tecnología sino que, además, su carácter integrador garantiza una optimización decisiva en la gestión y mantenimiento de cualquier tipo de infraestructura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CIBSE, 2006, Guide F: Energy Efficiency in Buildings.

Sawers, J., 2000, Life cycle asset management, Iniciativa Green Buildings Challenge.

GESTIÓN INTELIGENTE DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO: IGREEN INBUILDING SMART GRID

Carlos Sáez Alvarez, Director EE, Euroconsult

Resumen: En esta comunicación se demostrará a través de un caso real, los ahorros energéticos que se consiguen cuando las redes inteligentes traspasan las puertas del edificio, para entrar a gestionar la demanda energética interna. Para ello, se mostrará el ahorro obtenido tras la implantación del Sistema iGreen de Gestión, Control y Monitorización de los diferentes consumos energéticos del edificio, en combinación con el Seguimiento y Asesoramiento Energético en el Hotel de las Letras de Madrid donde el servicio contratado se ha amortizado desde el primer mes. Los ahorros energéticos alcanzados en el mes de mayo del 2012 eran de un 8% en electricidad, 7% en agua y 20% en gas. La tecnología patentada sobre la que se apoya el sistema se llama Tecnología inBuilding Smart Grid, que consiste en la combinación de la Red eléctrica del edificio con una red de telecomunicaciones avanzada con sensores, analizadores y dispositivos de actuación, gestionados de manera independiente e inteligente por algoritmos específicos de ahorro energético. Siempre velando por la seguridad y el confort de los usuarios.

Palabras Claves: Ahorros Energéticos, Edificio Inteligente, EMS, inBuilding Smart Grid, Ingeniería

INTRODUCCIÓN

El salto hacia las ciudades inteligentes, requiere la implantación de un esqueleto flexible que permita un transporte y distribución de la energía más eficiente. Con el aumento de la generación distribuida, el flujo de energía es bidireccional, aparecen nuevas cargas en la red como el vehículo eléctrico y nuevos usuarios que consumen y generan energía. La distribución de cargas ya no está solo concentrada en núcleos urbanos, se ha ramificado. La demanda crece y es necesario buscar alternativas ante la escasez de recursos naturales. Dada la dificultad para el almacenaje, gestionar la demanda es crítico. Estas necesidades han dado lugar a las redes inteligentes, que no sólo transportan electricidad, sino también información, volviéndose una parte activa en el sistema de suministro. Estas redes conectan la inteligencia del edificio con la de la ciudad, facilitando la gestión de la demanda.

Para conseguir ahorro energético en un edificio no es suficiente con un buen diseño arquitectónico, una envolvente óptima, equipos de alto rendimiento e incorporación de renovables. Es necesario hacer un uso eficiente de la energía, monitorizar, detectar, actuar y prever el comportamiento energético del edificio. Para ahorrar energía se requiere la optimización del sistema de distribución y transporte de energía en dos aspectos primordiales entre otros: mejora del factor de potencia (FP) y equilibrado de consumos, son dos de los déficits habituales en muchos grandes edificios.

En las instalaciones eléctricas es cada vez más frecuente encontrar consumos fuertemente desequilibrados, lo que conlleva que los sistemas de distribución (CT) no ofrezcan el mismo rendimiento, así como los sistemas de distribución tengan un mayor "sufrimiento", disminuyendo la eficiencia de ambos sistemas, lo que provocará mayor riesgo de avería tanto en las cargas de la instalación como riesgo de accidentes a los usuarios y un mayor gasto por un mayor consumo.

En resumen el desequilibrio de las corrientes de carga, al igual que un factor de potencia inferior a la unidad, comportan un uso ineficiente del sistema de distribución y transporte.

La tecnología patentada por Euroconsult, inBuilding Smart Grid, consiste en la combinación de la Red eléctrica del edificio con una red de telecomunicaciones avanzada con sensores, analizadores y dispositivos de actuación, gestionados de manera independiente e inteligente por algoritmos específicos de ahorro energético. Siempre velando por la seguridad y el confort de los usuarios.

MÉTODOS

Se trata de una solución INNOVADORA, que gestiona la demanda energética del edificio en tiempo real que monitoriza, controla y gestiona el consumo energético de luz, agua y gas, con capacidad de actuación -al segundo-, sobre los diferentes elementos consumidores, integrado con una plataforma de inteligencia artificial que establece patrones de consumo y genera ahorro energético automáticamente. Hasta ahora en el sector energético, el estudio de los consumos se realizaban con intervalos de tiempo entre muestras normalmente no inferiores al cuarto de hora, de forma que muchos de los eventos que se producen por debajo de ese intervalo quedan sin registrar y únicamente tienen incidencia en los registros acumulados del analizador que corresponda.

La medida en tiempo real es muy útil a la hora de la toma de decisiones ya que permite ver al momento el impacto del consumo por cada conexión-desconexión pudiendo hacer un análisis previo muy exacto, posibilitándole realizar un ajuste “fino” a la hora de la toma de decisiones, sobre que carga es más adecuada poder deslastrar, o que grupo de consumo merece la pena bajar a un nivel de detalle de estudio más complejo con el fin de tomar medidas efectivas, reales. Permite comparar distintas ofertas de suministradores con su curva de carga real de su edificio, de forma que se puede evaluar cuál es la mejor oferta en cuestión de segundos. iGreen ha sido desarrollado íntegramente en España por Euroconsult, es escalable, abierto y estándar, se instala de manera rápida y sencilla, con capacidad de teledatada, visualización, control e ingeniería modular. Es adaptable a las necesidades particulares del edificio y accesible local o remotamente desde cualquier dispositivo u ordenador. Proporciona gran funcionalidad analítica incluyendo control de KPIs, evolución del forecast anual de consumos, informes y alertas personalizadas.



Figura 1. Esquema de funcionamiento del Sistema de Gestión Energética iGreen.

El acceso a la aplicación se realiza vía web en remoto desde un ordenador o dispositivo móvil; la aplicación ha sido desarrollada de modo que se puedan definir diferentes accesos, perfiles, permisos, etc. Desde esta estación se puede monitorizar el estado de los componentes que se encuentren conectados para obtener una visión general de las condiciones de consumo de la infraestructura monitorizada.

El sistema de gestión energética iGreen tiene como valor diferencial que refleja los ahorros energéticos en euros, siendo así más fácil de entender para los propietarios o gestores de los edificios o infraestructuras. A su vez, también aporta información en unidades de medida específicas para usuarios con un perfil más técnico. Con este caso de éxito queda patente que existen soluciones energéticas en el mercado español capaces de dotar a otros sectores como el turismo o la sanidad, por ejemplo, de una mayor solvencia para ser más competitivos dentro y fuera del país. Implantar este tipo de soluciones, contribuye además a cumplir con los objetivos de ahorro energético marcados por Europa.

MÉTODOS

La implantación la tecnología inBuilding Smart Grid de iGreen se realiza en tres fases:

- iGreen Analysis: Se realiza un diagnóstico con el cual se estima el potencial ahorro energético y la reducción de emisiones de CO₂.
- iGreen EMS: Se monitoriza, controla y gestiona los consumos energéticos. Se informa sobre consumos anómalos, latencias, picos energéticos no deseados y otros. Se analiza en tiempo real el estado de la instalación, cómo se reparten los consumos dentro del edificio y permite predecir el comportamiento de los mismos (permitiendo generar ahorro mediante MAES). Su interface es personalizable a la imagen y necesidades del usuario.
- iGreen EM: Se realiza la gestión energética de los clientes. Los ingenieros identifican acciones a mejorar dentro del edificio, determinando los procesos susceptibles de mejora. Se diseñan planes de actuación y asistencia técnica, realizan pruebas, monitorizaciones e informes de los resultados obtenidos. Se proponen proyectos que permiten dotar de inteligencia la red eléctrica del edificio y realizan labores de asesoramiento energético.



Figura 2. Izquierda: Fachada del Hotel de Las Letras en la Gran Vía de Madrid. Centro: Interior de la bodega en La Rioja. Derecha: Edificio de oficinas en Barcelona.

CASOS DE ESTUDIO

Hotel de Las Letras (Madrid)

Se realizó la implantación del sistema de gestión energética iGreen en el Hotel de Las Letras de Madrid, situado en la Gran Vía. El edificio está catalogado en el registro del patrimonio histórico de la ciudad y data de 1917, es obra del arquitecto Cesáreo Iradier y fue reformado para su uso como hotel en el año 2005 por los Arquitectos Virginia Figueras y Franco Corada. Es un edificio de 7.895 m² de superficie construida, y está compuesto de 109 habitaciones, 5 salas de reuniones, restaurante, dos zonas de bar, gimnasio y biblioteca. Al instalar el sistema iGreen en el Hotel de Las Letras se logró lo siguiente:

- Analizar los patrones de consumo.
- Monitorizar el consumo eléctrico, de agua y gas, instalando 24 puntos de medida.
- Detectaron desviaciones energéticas.
- Optimizar y reducir consumos.
- Analizar el funcionamiento del cuadro general de Baja Tensión del Hotel, las instalaciones de climatización, calderas, enfriadores y VRV.
- Realizar pruebas de vertido de fontanería en una habitación del hotel.
- Comprobar el estado de varios cuadros de la instalación eléctrica mediante cámara termográfica.
- Revisar el cuadro de ascensores.
- Estudiar térmicamente la envolvente del edificio.

Como resultado del análisis se detectaron las siguientes situaciones:

- Descompensación en una de las fases de la acometida del cuadro general.
- Incorrecto funcionamiento en la batería de condensadores.
- Detección de consumos anómalos en los jacuzzi, la cocina, el horno eléctrico, el gimnasio, el extractor, los grupos de presión del agua y el comportamiento del consumo hídrico del edificio.
- Es necesario desplazar actividades a horarios de tarifa eléctrica más económica, deslastrar determinadas cargas y controlar los consumos fantasma.

Las recomendaciones y acciones consideradas fueron las siguientes:

- Se facilitó información a todo el personal del hotel sobre las pautas de consumo.
- Se eliminaron las desviaciones detectadas en los consumos anómalos.
- Se ajustaron las cargas sin afectar al funcionamiento del hotel.
- Se integró a iGreen un sistema de control que genera alarmas cuando el sistema detecta una desviación del patrón de consumo especificado.
- Se implementó sistemas de ahorro en grifos y cisternas para el consumo hídrico.
- Se integró a iGreen un sistema de control que desplaza los consumos más significativos a franjas de tarifa más rentables.
- Se compensaron las cargas entre fases de forma que se pueden ajustar el contrato eléctrico con el consiguiente ahorro en el término fijo.
- Se subcontrató dos empresas de reconocido prestigio en el sector de la protección solar en edificios, por una parte SOMFY mediante la actuación de mecanización de cortinas interiores, y por otra la empresa THYSEN-KRUPP mediante la instalación de láminas de control solar, en los ventanales y ventanas de las respectivas fachadas, tanto en zonas nobles comunes como en habitaciones del hotel.

Como pasos siguientes se pretende implementar:

- Mejorar la envolvente del edificio.
- Deslastre de cargas, para controlar el encendido/apagado de sistemas según su franja de funcionamiento.
- Integración de iGreen en su BMS para reducir el consumo de climatización en función de la demanda y las franjas de tarifa más rentables.
- Implantación de iluminación LED donde iGreen indica que es rentable el cambio de tecnología.

Conclusiones

La distribución del consumo en el hotel es un 69% de electricidad, 19% de gas (de los cuales 73% corresponde a calderas y 27% a cocinas) y 12% de agua. La instalación de iGreen se ejecutó durante el mes de enero del 2012. En el mes de mayo los ahorros alcanzados eran de un 8% en electricidad, 7% en agua y 20% en gas. La contratación del servicio de monitorización y asesoramiento energético, está amortizada desde el primer mes.

Bodega de vinos en La Rioja

En este segundo caso de estudio, se implementó el sistema de gestión energética iGreen en una planta de embotellamiento de vino. Dicho edificio de 14.000 m² ubicado en la Comunidad de La Rioja y construido por el arquitecto Iñaki Aspiazú en 2007, cuenta con seis alturas debajo de este singular espacio que alcanzan los 30 metros de profundidad. Al instalar iGreen la planta embotelladora/bodega:

- Definir una línea base de consumo eléctrico cuyo objetivo es poder valorar los ahorros generados en la optimización del coste del suministro eléctrico mediante la plataforma iGreen.

- Optimizar el precio del término de potencia.
- Obtener una comparativa entre la potencia contratada y la potencia facturada.
- Disminuir la potencia máxima demandada.
- Deslastrar cargas.
- Reducir la potencia de los equipos instalados.
- Detectar los incrementos de la energía reactiva por parte de la plataforma iGreen.

Conclusiones

De una factura con un consumo de eléctrico 290.924 kWh durante el primer periodo, un coste de la energía de 29.213 euros/periodo, y una inversión en equipos de 48.315 euros, el ahorro detectado gracias a la implantación de la solución iGreen fue calculado en un 32%, lo que representó 5880 euros/periodo. Principalmente se eliminaron consumos latentes y se realizó un mejor manejo de la demanda energética.

Edificio de oficinas en Barcelona.

El tercer caso de estudio es la implantación del sistema de gestión energética iGreen en tres edificios de oficinas pertenecientes a la misma empresa y ubicados en el área metropolitana de Barcelona. Sus funciones principales son oficinas y laboratorios. El terreno destinado a estos edificios es de 28.000 m². Al instalar el sistema iGreen en el edificio se logró:

- Asesorar energéticamente el uso y suministro de energía.
- Analizar el rendimiento económico del aprovechamiento de la instalación fotovoltaica existente en el edificio.
- Analizar los consumos remanentes existentes en los tres edificios, considerando los consumos continuos nocturnos.
- Implementar nuevas tecnologías que incentiven el ahorro energético.
- Luego de analizar la información recopilada, se pudo lograr lo siguiente:
 - Se detectaron consumos térmicos en días festivos que suponen un elevado sobrecoste en la factura final de electricidad.
 - Se detectaron consumos remanentes continuos en el equipamiento de la cocina que tras su revisión ha permitido reducir un sobrecoste económico.

Conclusiones

Con un consumo eléctrico de 695.726 kWh/periodo y un coste de energía de 76.834 €/periodo y un coste en generación de fotovoltaica de 2.539€, y una inversión en equipos de 34.091€, el retorno de la inversión de ha realizado en 18 meses, con unas cifras de ahorro de:

- Ahorro detectado 6.698 €/periodo (29%) Junio-Septiembre 2013.
- Ahorro detectado: 56.944 kW/h (10%) en el mismo periodo.

CONCLUSIONES

A continuación se indican los beneficios de instalar inBuilding Smart Grid:

- **Ahorro energético:** El 40% del consumo energético europeo viene de la edificación (Pérez-Lombard et al., 2008). El ahorro potencial alcanzable en España por la instalación de sistemas de control, gestión y monitorización de consumos, estimando ahorros del 25%, alcanza los 13.145 M€ (datos estimados por Euroconsult).
- **Ahorro económico:** Los tiempos medidos de amortización por la instalación de iGreen están por debajo de los 24 meses.

- **Información en tiempo real** de cuándo y dónde se está consumiendo, los usuarios sólo tienen información de cuánto consumen a través del recibo de la luz, es necesario saber cuándo y dónde se está consumiendo para poder llevar a cabo medidas de ahorro energético.
- **Gestión eficiente de la red y actuación automática en tiempo real:** el sistema gestiona picos de consumo internos con el fin de reducirlos trasladando las cargas de consumo secundarias a valles existentes dentro del consumo general. Gestiona la demanda y el uso de la energía con respecto a los costes energéticos existentes en el mercado y adapta de manera inmediata a los cambios de contrato y franjas horarias existentes con respecto a un periodo de menor coste.
- **Interoperabilidad** entre los diferentes sistemas bajo un mismo protocolo de comunicación standard.
- **Conservar niveles de confort, salud y seguridad** del edificio o infraestructura
- **Facilita la gestión** de propietarios, gestores y responsables de mantenimiento de edificios con una gestión centralizada local y remota
- **Facilidad de empleo e interpretación:** La información se presenta de forma sencilla, personalizada y amigable, traduciendo los consumos energéticos directamente a euros para conocer su impacto económico.
- **Cumplimiento con la Directiva Europea de eficiencia energética en la edificación,** la Directiva 2010/31/UE insta a “la instalación de sistemas de control activos, como sistemas de automatización, control y gestión orientados al ahorro de energía, cuando se construya un edificio o se efectúen en él reformas de importancia”. Facilita además cumplir con las exigencias de ahorro energético del Código Técnico de la Edificación, mejorar la calificación energética de un edificio, implantar la ISO 50001 de Gestión energética, obtener puntos certificado LEED y otras certificaciones.
- **Ahorros certificados según el protocolo IPMVP y CMVP.**

REFERENCIAS

Parlamento Europeo (2010). Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios.

Pérez-Lombard, L, Ortiz, J., Pout, C. (2008). *A review on buildings energy consumption information*. Energy and Buildings, p 394-398.

PARÁMETROS TÉCNICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE UN ALGORITMO DE OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA

David Mencías Carrizosa, Investigador, ETSAM - UPM
Margarita Arroba Fernández, Profesora Titular, IE Universidad
José Antonio Meneses Navarro, Investigador, ETSAM - UPM
Jorge de Andrés Marcos, Profesor Asociado, IE Universidad

Resumen: La optimización en el gasto energético depende de múltiples parámetros que el usuario o propietario desconoce en gran medida. Algunos de ellos, dependen de características constructivas del edificio así como de su régimen de usos, que están perfectamente definidas. Otras variables son de carácter higrotérmico así como climáticas, que pueden ser conocidas en tiempo real. La combinación ellas, junto con las características de los equipos productores, permite prever el momento óptimo para la realización de la producción de energía para climatización o calefacción. Se presentan las bases para la obtención de un algoritmo que determine el horario óptimo de funcionamiento de los equipos para reducir el gasto de la energía y asimismo su coste económico.

Palabras Claves: Ahorro Energético, Climatización, Instalaciones, Rehabilitación Energética, Renovables, Restauración

INTRODUCCIÓN

Dependiendo del tipo de instalación térmica de que esté dotado un local, ésta debe conectarse un determinado tiempo antes de que comience el uso del local para que éste haya alcanzado el confort en ese momento, pero es difícil, sobre todo para un profano, estimar cuanto tiempo antes del uso debe procederse a la puesta en marcha de la instalación. Asimismo, determinadas instalaciones tienen suficiente inercia térmica para permitir su desconexión antes de finalizar el periodo de uso del local y seguir manteniendo el confort en el mismo el tiempo suficiente para concluir el periodo de utilización.

En momentos de abundancia energética, podría estimarse en exceso ese tiempo para estar seguros de alcanzar y mantener el confort, pero en estos momentos en que el ahorro energético es crítico, el ajuste de los tiempos debería ser también lo más exacto posible, por lo que nuestro grupo de investigación está intentando desarrollar un algoritmo que pueda estimar en cualquier situación los momentos óptimos de conexión y desconexión de las instalaciones térmicas.

Como primer paso para el desarrollo de dicho algoritmo, se han establecido los parámetros que se deben contemplar en el mismo, que son los que pretenden incluirse en esta comunicación.

Cuando se dice que una instalación térmica debe “entrar en régimen” antes de alcanzar su eficacia, la mayor parte de los técnicos analizan únicamente la propia instalación térmica, pero deben incluirse asimismo otra serie de parámetros relacionados con el uso y el sistema constructivo del edificio. Como primera opción debemos analizar las variables que intervienen en el confort térmico, para después analizar las variables de la posible instalación térmica.

VARIABLES DE CONFORT TÉRMICO

Debemos tener en consideración las siguientes variables:

- Temperatura Operativa.
- Humedad Relativa.

- Calidad del aire.
- Velocidad del aire en la zona ocupada.
- Presión diferencial entre diversas zonas del edificio.
- Nivel metabólico o de actividad.
- Características del vestido.

Sobre estas variables hay que indicar que en la primera es muy importante considerar el uso del edificio y el sistema constructivo, así como el tipo de instalación (convectiva o radiante), resultando además afectada por el nivel metabólico ocasionado por el grado de actividad en el local y por las características de la vestimenta, mientras que en las demás hay que analizar detenidamente el sistema de ventilación.

En condiciones de confort, la temperatura operativa es aproximadamente la media aritmética entre la temperatura seca del aire y la temperatura media radiante de los cerramientos. Si ambas temperaturas difieren en más de 3°C puede darse disconfort, aunque también puede ser beneficioso ya que los paramentos calientes en invierno o frescos en verano permitirán ponderar al temperatura seca que debe mantenerse para el confort (en función de qué paramento se trate).

Si los trasdosados interiores (desde la capa de aislamiento térmico hacia el interior, siempre que dicho aislamiento térmico esté correctamente dimensionado, ya que en caso contrario habrá que considerar la totalidad del espesor del cerramiento) son de alta inercia térmica, deberá invertirse energía y tiempo en calentarlos o enfriarlos. Si el uso del edificio es continuado, esta inversión no será elevada, ya que sólo se efectuará en pocas ocasiones al año, pero si es intermitente, deberá realizarse cada vez que se encienda la instalación térmica por primera vez en cada uso.

Obviamente, según la capacidad calorífica y la inercia térmica de los materiales utilizados en el trasdosado, el calor o frío se mantendrá más o menos tiempo tras desconectar dicha instalación térmica, por lo que deberá preverse su desconexión un cierto tiempo antes de cesar el uso del local, tiempo variable en función de dicha inercia y dicha capacidad térmica, es decir, en función del material y el espesor del trasdosado. También habrá que considerar el tiempo de intermitencia del uso de la instalación térmica, ya que, si los cerramientos presentan alta inercia térmica, no se tardará lo mismo en alcanzar el régimen tras un periodo sin uso de pocas horas que tras un periodo de días o semanas.

A este respecto, puede ser muy interesante considerar el uso de PCMs (materiales de cambio de fase), aunque su actual precio y los problemas de inflamabilidad que presentan los hace casi inviables en la mayor parte de los casos.

Asimismo, la alta inercia térmica de la cara interior de los cerramientos, prolongará el tiempo en que la temperatura media radiante se mantiene dentro de los márgenes del confort, incluso después de la desconexión de la instalación térmica, lo que nos permitirá adelantar dicha desconexión a la finalización del uso del local.

También habrá que verificar la temperatura radiante de los paramentos acristalados y la radiación solar directa que penetra a través de ellos que puede hacerlos funcionar como paramentos radiantes fríos o calientes. Asimismo, debe analizarse si el tipo y grosor de la vestimenta habitual en el local afecta al intercambio radiante con los paramentos del mismo, ya que podría modificarse la importancia de la temperatura media radiante.

Por el contrario un incremento de la actividad metabólica significaría que se necesitaría menor temperatura seca en el local, por lo que se incrementaría el tiempo de puesta a régimen de una instalación de refrigeración y se decrementaría dicho tiempo en una instalación de calefacción. Las variaciones de humedad relativa son percibidas por los seres humanos como variaciones de temperatura, según demostraron los experimentos de Fanger, pero deben darse oscilaciones considerables para causar un grado determinante de disconfort.

Para garantizar la humedad relativa y la calidad del aire se usa la ventilación, con la que se juega para permitir presiones diferenciales entre las diversas áreas del edificio (las zonas más contaminadas deben estar depresionadas con respecto a las más limpias), sin embargo, los caudales mínimos fijados por la

normativa pueden suponer un despilfarro energético en los periodos en que –por falta de uso o por realizar actividades con poca emisión de contaminantes– exceden a los necesarios. Hoy en día en que el valor de las sondas de calidad del aire y de humedad es reducido es absurdo no actuar sobre estos caudales adecuándolos a lo estrictamente necesario. Para esto no es necesario tiempo, ya que la respuesta de la instalación de ventilación puede ser lo suficientemente rápida como para efectuarlo en tiempo real.

Por el contrario, en climas cálidos, estos caudales son manifiestamente insuficientes para realizar una refrigeración con ventilación cruzada diurna o enfriamiento nocturno y la disposición de las aperturas de entrada y salida de aire tampoco es la más adecuada. Igual ocurre con la velocidad del aire dentro de la zona ocupada, que –en caso de refrigeración por ventilaciones cruzadas– deberá incrementarse considerablemente con respecto a lo recomendado para la ventilación utilizada estrictamente para garantizar la calidad del aire.

Obviamente, si no existe un problema de humedad relativa o calidad del aire en el local vacío, debería anularse la ventilación hasta que comience el uso del local ya que su existencia únicamente contribuirá a prolongar el tiempo necesario para alcanzar el confort. La temperatura exterior sólo afectará si existe ventilación, si existen paramentos acristalados (tanto más cuanto mayores sean estos paramentos) o si el aislamiento térmico es incorrecto. Dado que la existencia de paramentos acristalados es casi universal en locales ocupados, es un dato que sin duda deberá incluirse en el algoritmo.

La velocidad del aire en la zona ocupada, en principio, no afecta al tiempo necesario para la puesta a régimen de un local bien climatizado e igual sucede con la presión diferencial necesaria para evitar que la contaminación se extienda de una zona más contaminada a otra menos contaminada, aunque en pocos casos, podría necesitarse un tiempo para evacuar las posibles filtraciones de contaminación generadas por la ausencia de ventilación, pero su incidencia en el algoritmo puede considerarse, en principio, despreciable.

VARIABLES DE LA INSTALACIÓN TÉRMICA

Debemos controlar las siguientes variables:

- Tipo de instalación (fundamentalmente si es convectiva o radiante).
- Temperatura de operación.
- Inercia térmica de la instalación.

Las instalaciones de tipo convectivo actúan fundamentalmente sobre la temperatura seca del aire, mientras que las radiantes actúan en primer lugar sobre la temperatura media radiante, por lo que su puesta a régimen es más lenta que en las primeras. Cuanto más alta sea la temperatura de operación tanto más se tardará en alcanzarla en todos los puntos de la misma.

De igual manera, si la instalación presenta una alta inercia térmica, tanto en sus elementos terminales (como por ejemplo con utilización de radiadores de fundición en lugar de los de aluminio o con un suelo radiante con gran grosor de mortero sobre las tuberías, frente a un suelo radiante de los denominados “mini” con un espesor mínimo de mortero sobre las tuberías) como en el trazado de tuberías, grandes circuitos, incorporación de depósitos de inercia, etc., tardará más tiempo en adquirir el régimen y conservará más tiempo un alto calor residual, por lo que deberá conectarse bastante antes de comenzar el uso del local y desconectarse algún tiempo antes de su finalización si buscamos una correcta eficiencia energética.

CONCLUSIONES

Analizando los anteriores aspectos, vemos que los parámetros que deben considerarse para la realización de un algoritmo que permita estimar el tiempo necesario para la entrada a régimen de una instalación térmica son muy superiores a los que comprende la propia instalación térmica e incluyen:

- Temperatura seca exterior.
- Temperatura Operativa interior, con especial atención al componente radiante de la misma.
- Humedad Relativa interior y exterior.
- Calidad del aire.
- Nivel metabólico o de actividad a desarrollar en el local.
- Características del vestido a utilizar en el local.
- Características constructivas de los paramentos del local, incluyendo su inercia térmica y capacidad calorífica, así como la existencia o no de paramentos acristalados, su tamaño y orientación.
- Intermitencia en el uso del local.
- Tipo de instalación.
- Temperatura de operación.
- Inercia térmica de la instalación.

Y podemos concluir que los aspectos más críticos en la consideración de los tiempos de conexión y desconexión de una instalación térmica son fundamentalmente los que afectan a la temperatura radiante y a la inercia térmica tanto de la instalación como del edificio, incluyendo en los mismos tanto los que corresponden a la instalación –tipo de instalación e inercia térmica de los mismos– como los que corresponden al local objeto de la misma –intermitencia en su uso, características constructivas de sus cerramientos y existencia de paramentos acristalados–, siendo estos últimos normalmente más determinantes que los primeros en la necesidad de tiempo previo de conexión, excepto en los casos en que la instalación consigue modificar la temperatura de grandes zonas y prolongarla en el tiempo, como ocurre con los suelos radiantes o los techo fríos de alta inercia, en los que se prolonga considerablemente el tiempo necesario para la puesta a régimen del local, pero que permiten también la desconexión de la instalación bastante antes de finalizar el periodo de uso de dicho local.

CABEZALES ELECTRÓNICOS RADIOFRECUENCIA: AHORRO Y CONFORT EN EDIFICIOS DE USO TERCIARIO

Javier Saiz, Director General, 4U Control

Resumen: El objeto de este documento es describir las posibilidades de ahorro y confort que ofrecen los cabezales electrónicos para radiador en un sistema de calefacción gestionado con un software de control para edificios de uso terciario (colegios, residencias, hoteles, etc.). Serán necesario cabezales electrónicos radiofrecuencia que se comuniquen con gateways que transmitan la información a un ordenador, en el cual deberá tener instalado un software de control para configurar, controlar y monitorizar su funcionamiento, tanto en local como en remoto. Se eliminarán los diversos factores exógenos que afectan al consumo en calefacción y nos centraremos en los ahorros generados por la reducción del flujo de agua en el radiador para conseguir la temperatura deseada en la estancia para cada momento del día. Cada estancia tendrá una tabla de horarios de funcionamiento con la temperatura deseada y consiguiendo un porcentaje de ahorro respecto a una situación previa sin regulación o control.

Palabras Claves: Ahorro Calefacción, Cabezal Electrónico, Termostática

INTRODUCCIÓN

En este documento se presentan soluciones de ahorro y eficiencia energética para calefacción. La calefacción representa el gasto energético más alto de cualquier vivienda, suponiendo el 47% del consumo energético en un hogar en España y superando el 55% en el caso de viviendas unifamiliares.

El ahorro se consigue zonificando las estancias, calentando cada habitación de manera eficiente con la temperatura deseada y durante el tiempo seleccionado.

Para poder zonificar en un sistema de calefacción mediante radiadores de agua debemos poder actuar sobre los mismos de manera precisa, automática y programada. Disponer de válvulas termostaticables y cabezal electrónico será la manera de poder hacerlo.

DESCRIPCIÓN

Las válvulas termostaticables se utilizan para regular el fluido de agua en los radiadores. Además de abrir y cerrar los radiadores, permiten regularlos proporcionalmente. Se suelen denominar válvulas termostáticas cuando llevan montadas un cabezal termostático. Las válvulas termostaticables también permiten tener montados otros cabezales como electrónicos, electrotérmicos o manuales.

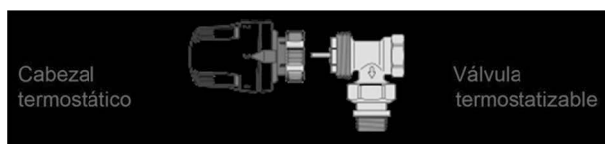


Figura 1. Cabezal termostático y válvulas termostaticables.

Los cabezales termostáticos son obligatorios en muchos países porque permiten regular la temperatura individualmente, consiguiendo un mayor confort y un notable ahorro de energía. El RITE establece que es obligatorio colocar válvulas termostáticas en todos los radiadores situados en los locales de la vivienda, exceptuando locales como aseos, cuartos de baño, cocinas, vestíbulos y pasillos, aunque para conseguir un mayor ahorro es recomendable instalar cabezales termostáticos en el mayor número de radiadores posibles.

Los cabezales termostáticos regulan la temperatura de la sala a través de un sensor con un elemento sensible (líquido), cuyo volumen varía en función de la temperatura ambiente. La variación del volumen afecta al desplazamiento del movimiento del mecanismo interno, provocando el cierre o apertura de la válvula y, por tanto, modula el caudal de agua caliente que entra en el radiador. Los cabezales termostáticos solo pueden ser montados en válvulas termostatizables.

Las válvulas manuales son las llaves tradicionales que simplemente cierran el paso de agua en el radiador y no permiten regulación automática. Suelen diferenciarse porque llevan un tornillo en mitad del mando. No admiten que se les coloque un cabezal termostático o electrónico. Estas válvulas pueden ser sustituidas por válvulas termostatizables de una manera sencilla para poder instalar cabezales electrónicos.

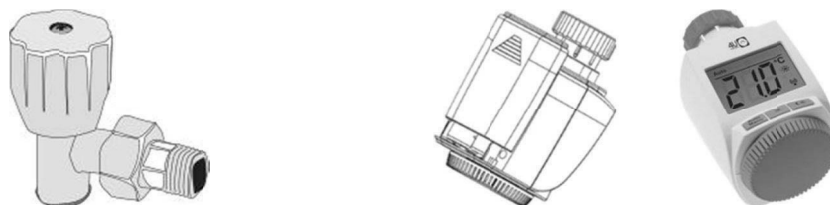


Figura 2. Izquierda: Válvulas manuales. Derecha: Cabezal electrónico inalámbrico.

Los cabezales electrónicos llevan un motor eléctrico alimentado con baterías que presionan sobre el la válvula termostatizable y regulan la entrada de agua caliente en función de la temperatura demandada por el usuario para la estancia. El cabezal electrónico lleva incorporado una sonda de temperatura para permitirle discriminar el rango de apertura que tiene que indicar a la válvula para conseguir la temperatura demandada.

Dentro de los cabezales electrónicos inalámbricos que funcionan con pilas, se pueden diferenciar dos grandes grupos:

- los independientes que no tienen comunicación con ningún otro dispositivo
- los que se comunican mediante algún protocolo radiofrecuencia.

CABEZAL ELECTRÓNICO RF

El cabezal electrónico radiofrecuencia (RF) para radiador regula el caudal de agua que circula por el radiador y se comunica inalámbrica mediante radiofrecuencia con otros dispositivos. La comunicación bidireccional permite asegurar la información entre receptor y emisor y al mismo tiempo actualización de estados desde cualquiera de ambos puntos.



Figura 3. Configuración de temperatura.

Nos centraremos en los dispositivos que puedan comunicarse entre ellos y que se enlazan con un gateway de comunicación para permitir el control centralizado desde un punto de control o en remoto

de todos los dispositivos. El cabezal electrónico lleva incorporado una sonda de temperatura y en función de la temperatura demandada y de la temperatura actual de la estancia, regula la apertura o cierre de la válvula. Su manejo puede ser manual o automático, con programaciones horarias a lo largo de cada día de la semana o mediante la selección de una temperatura deseada durante un determinado periodo de tiempo. Permite temperaturas preconfiguradas, limitación de la temperatura máxima de la estancia y ajuste y selección de la temperatura deseada manualmente.



Figura 4. Display información de zona.

La comunicación con el gateway permite enlazar dispositivos adicionales que aumentan las prestaciones de ahorro del cabezal electrónico, como contactos de ventana o cronotermostato RF de zona.



Figura 5. Dispositivos adicionales que aumentan las prestaciones de ahorro del cabezal electrónico.

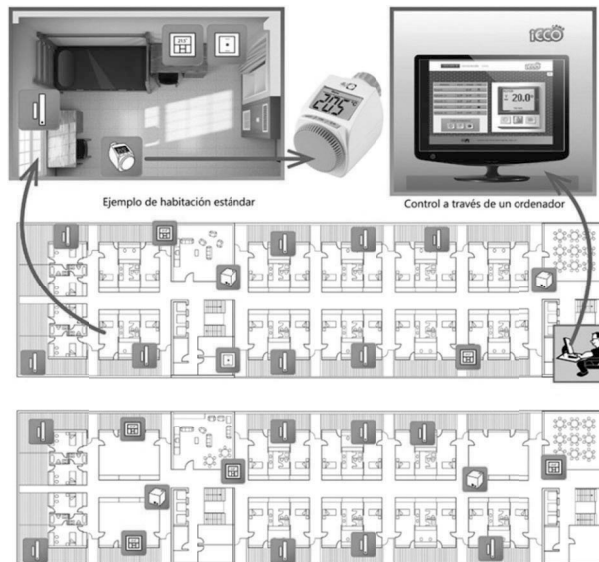


Figura 6. Sistema de comunicación central.

SISTEMA DE CONTROL CENTRAL

Para el control de una instalación con cabezales electrónicos de manera centralizada desde un punto de control local o en remoto, se necesita que los cabezales se comuniquen con los gateways y estos estén dentro de una red de comunicación para transmitir la información a un ordenador.

En nuestro caso, la comunicación es vía radiofrecuencia y se necesita un ordenador que tenga instalado un software de control para configurar, controlar y monitorizar el funcionamiento de los cabezales. Adicionalmente la supervisión y gestión se pueden realizar en remoto a través de conexión a internet. Los ahorros se consiguen por una reducción del flujo de agua a calentar, por un mantenimiento más equilibrado de temperatura del agua en el circuito pero sobre todo por la adecuación de la temperatura que se desea en cada estancia a lo largo del día. Para esto es necesaria una programación horaria ajustada a cada zona y consiguiendo una mayor optimización del ahorro cuanto más precisa sea. El software debe permitir una fácil reprogramación horaria de cada zona.



Figura 7. Programación horaria.

Igualmente se debe poder ajustar de manera centralizada las temperaturas de zonas de manera agrupada.

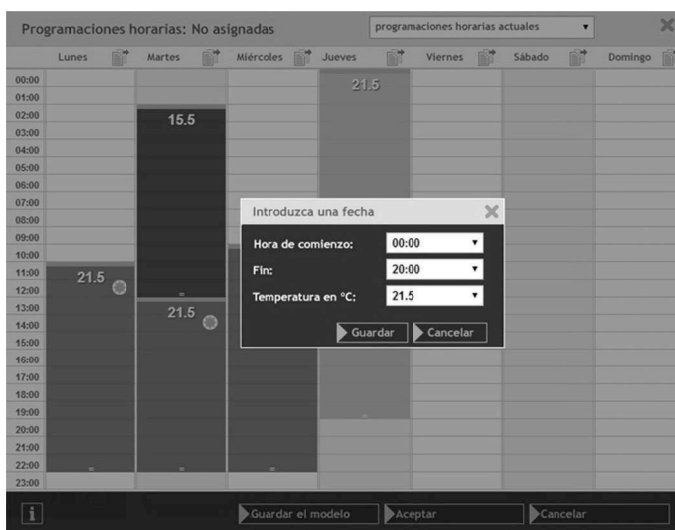


Figura 8. Programación horaria.

La personalización de la configuración de cada zona se puede llevar al detalle máximo de ajuste, es decir, a cada radiador en concreto de la instalación.

AHORROS OBTENIDOS POR PROGRAMACIONES HORARIAS AJUSTADAS

Las dificultades para eliminar factores exógenos que afectan al consumo en calefacción de un edificio, con independencia de su zona climática, hacen que nos centremos exclusivamente en los ahorros generados simplemente por una reducción del flujo de agua en el radiador para conseguir una temperatura en la estancia ajustada a lo deseado por el administrador del sistema.

Gracias a la sonda de temperatura del cabezal electrónico se puede ajustar la temperatura y delimitarla para no calentar o no calentar de más, una estancia.

Para el estudio se tiene en cuenta el número de radiadores a controlar, aplicándoles un factor de corrección en función de los elementos del radiador y por tanto ajustando a un tamaño teórico estándar de radiador que refleje correctamente su influencia en el ahorro conseguido. Para cada proyecto habrá que calcular, si no se tienen datos históricos, el número de días de calefacción y el tiempo medio diario de uso de la calefacción.

Para cada estancia se realiza una tabla de horarios de funcionamiento de la calefacción, con la temperatura deseada. Optimizando la temperatura deseada se consigue un porcentaje de ahorro respecto a la estancia en una situación previa sin ningún tipo de regulador de temperatura sobre el funcionamiento del radiador.

Los ahorros conseguidos en cada zona serán ponderados en función del número de radiadores. El ahorro total será respecto al coste anual en combustible para calefacción, siempre y cuando tengamos en cuenta los días de consumo y tiempo de uso diario. Al no disponer de datos previos, la temperatura exterior será considerada como una media para todos los días de calefacción del año y no se tendrá en cuenta individualmente para cada día.

Si no contamos con contadores, tendremos un coste medio por día de calefacción, repartiendo el coste de calefacción entre los días de funcionamiento, que comparativamente con el coste que tenía el edificio antes de implantar este sistema de cabezales electrónicos nos permitirá determinar los ahorros económicos conseguidos. Para medir correctamente una instalación, consideramos que deberíamos tener:

- Medición del consumo mediante un contador para tener datos, preferiblemente por hora.
- Contador de energía para ACS y para calefacción, independientes.
- Repartidor de costes en todos los radiadores y contadores de energía en algunos radiadores para verificaciones de datos.
- Sondos de temperatura en cada zona para registro de temperatura.
- Sonda de temperatura exterior.

CONCLUSIONES

La dificultad que supone en las instalaciones de poder implantar equipos de medición para disponer de mediciones previas que sirvan de comparativa antes de la implantación de un sistema de control y regulación mediante cabezales electrónicos, hace que tenga interés en que podamos efectuar estudios en distintos tipos de edificios y zonas climatológicas para poder extrapolar datos.

Ahora bien, con el uso de los cabezales electrónicos y una ajustada programación horaria de los mismos para conseguir la temperatura deseada en cada zona para cada momento del día, se pueden obtener unos ahorros superiores al 26% y por tanto un periodo de amortización razonable de los dispositivos gracias al repago de la inversión con los ahorros generados.

Para dar una orientación del coste de inversión, el precio de los equipos necesarios para una instalación con 50 cabezales electrónicos rondarían los 3.000 euros, sin tener en cuenta costes de instalación o mano de obra.

MEDIR NO ES SUFICIENTE. MEDICIÓN Y CONTROL PARA LA OPTIMIZACIÓN DE INSTALACIONES

Elisabet Cuenca, CEO, OpenDomo

Resumen: Existen muchas plataformas cloud de monitorización pero pocas que incluyan el control. Se ha comprobado que la monitorización requiere un seguimiento constante si se quieren obtener resultados satisfactorios. No obstante este seguimiento a veces no es posible, o es excesivamente caro con discutible amortización de la inversión. La monitorización junto con el control permite obtener resultados de ahorro energéticos más rápidos y plazos de amortización inferiores a un año. Para ello, es necesario implantar soluciones económicas que no requieran de grandes instalaciones, sino que controlen toda la instalación desde el cuadro eléctrico y que eviten descuidos, potencias mal contratadas o consumos excesivos en diversos momentos del día.

Palabras Claves: Automatización, Domótica, Energía, Instalaciones, Monitorización, Optimización, ROI

Todos conocemos estudios sobre los ahorros potenciales que aporta la monitorización de las instalaciones, estimándolos entre el 10% y 25% de la energía consumida. Mención especial a la palabra “potenciales” puesto que tener potencial para ahorrar no implica directamente el ahorro.

Tras analizar muchos clientes, hemos detectado que las principales ineficiencias vienen motivadas por un mal uso de la instalación por parte del personal. En la mayoría de casos nos encontramos picos por arranques simultáneos, descuidos diversos y manipulación de las temperaturas de consigna de las máquinas de clima.

Para detectar estas fugas de energía y aplicar medidas de eficiencia energética, hay que empezar midiendo. Teniendo datos se puede tomar decisiones. Por lo tanto, una vez monitorizada la instalación deberemos servirnos de otros recursos para poder encontrar e implementar las soluciones que nos permitirán conseguir ahorros potenciales detectados, y convertirlos en ahorros reales.

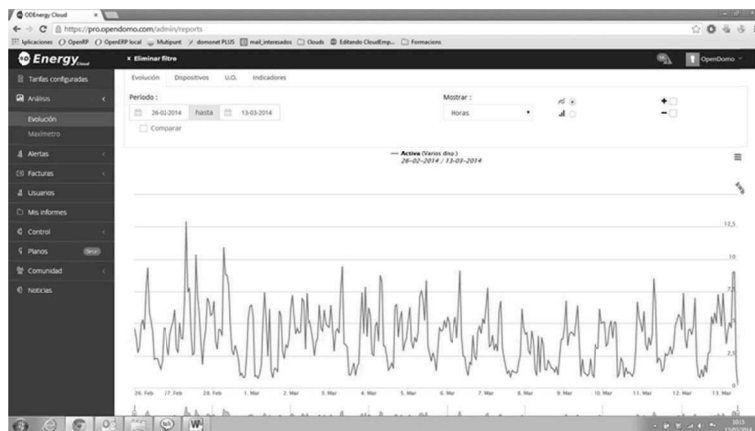


Figura 1. Energy Cloud.

Una vez implantadas las medidas se constatarán los ahorros a través de la monitorización, pudiendo así calcular con datos reales sobre la instalación, el retorno de la inversión. En algunos casos, además se aprovechará para implementar la ISO 50001 de mejora continua.

Entre las medidas o actuaciones para la obtención de los ahorros potenciales se encuentran medidas simples, como podría ser un cambio de tarifa eléctrica o de proveedor de esta energía, o medidas más complejas, como la sustitución de los distintos consumidores de la instalación por otros más eficientes

como podría ser la sustitución de las luminarias fluorescentes por nuevos equipos con tecnología LED o la mejora de los aislamientos para evitar fugas térmicas.

Otras de las medidas simples, pero muy costosas, es la formación a los usuarios de estas instalaciones para que sean más eficientes y respetuosas con el uso de los recursos, todos sabemos que estos usuarios, normalmente, no son los que pagan las facturas y, por ello, es necesario un proceso de concienciación meticoloso.

Uno de los problemas que nos encontramos en todas estas medidas es que son soluciones estáticas que no se adaptan a los cambios futuros. Por ejemplo, si cambiamos la iluminación LED de una empresa y cambia su actividad u horario, es probable que esa misma iluminación ya no nos resulte totalmente eficiente. Por ejemplo una oficina que pasa a ser un archivo, ya no necesita tanta iluminación puesto que sus usos han cambiado.

Otro ejemplo lo encontramos en los relojes para que se enciendan las luces de la calle cuando se pone el sol, es una gran medida de ahorro, pero necesitamos ser pro activos y comprender que la luz del sol desaparece a distintas horas cada día del año, que otros días hay nubes, que hay días festivos y especiales en los que nos interesa tener la iluminación exterior, reclamo de nuestro negocio, encendida sin importar el coste, etc.

De la misma manera nos ocurre que formamos al personal de una cadena de ropa para que sean muy meticoloso y eficiente en el uso de los distintos sistemas de climatización y alumbrado y realmente conseguimos un ahorro elevado, pero son tipos de negocios con una alta rotación del personal, así que nos obligamos a volver a formar al nuevo personal, y así continuamente teniendo unos gastos implícitos en el proceso de ahorro y gestión eficiente que nos penalizan las cuentas de resultados.

Frente a estos problemas existen varias soluciones, como los sistemas SCADA o los BMS. El problema de estas soluciones es que son complejas de manejar, que requieren un tiempo de aprendizaje y que tienen un elevado coste de implantación y mantenimiento. Además nos obligan a trabajar a dos manos, es decir, por un lado, controlar los costes y ahorros con la plataforma de monitorización energética, y por otro, a gestionar de la forma más eficiente la plataforma de control (SCADA o BMS).

Nosotros consideramos que la apuesta de futuro es una plataforma de monitorización y control, adaptable, gestionable con facilidad, amigable y a medida de los distintos requerimientos de los clientes, para poder reaccionar con la mayor velocidad posible a los cambios, errores, ineficiencias, fallos en el sistema, etc. Una plataforma que de manera remota nos permita, una vez detectada la ineficiencia en el sistema, actuar sobre la instalación de forma programada y remota, nos conseguiremos ahorros en formación y una mayor comodidad para los usuarios de las instalaciones que no deberán apartar su atención de su trabajo para manejar las instalaciones.

Pensemos en el caso reciente de un cliente del sector Retail. Mediante la monitorización se ha detectado que los potenciales de ahorro son enormes porque el uso de la instalación por parte de los empleados no es eficiente. Por ejemplo, los empleados no se preocupan por activar solamente los alumbrados de reposición antes de abrir y siempre activan toda la iluminación de entrada. De la misma forma, puesto que hay empleados más receptivos a la temperatura que otros, se detectaron hasta 16 cambios en la temperatura de consigna de un local en menos de 1h. Todas estas ineficiencias reducen los ahorros finales, además de reducir la vida útil de los distintos dispositivos. Por otro lado, se detectaban descuidos de apagados por las noches y algunos fines de semana. También tenían un importante dispendio económico 2 veces al año, cuando mandaban al equipo de mantenimiento a poner en hora los relojes de las carteleras y escaparates exteriores. El cliente sabe que sus empleados están para vender y que difícilmente mantendrán de forma continua una actitud de gestión eficiente de la instalación y por tanto, para conseguir los ahorros energéticos potenciales necesita añadir la automatización y control. Pero, por otro lado, es consciente que la implantación de un sistema domótico, SCADA o BMS, no le es rentable ni se puede permitir el coste de implantación en estos momentos.

Por suerte, ahora, existen algunas plataformas de gestión energética (ya no simples plataformas de monitorización energética) que pueden regular las temperaturas de consigna, los horarios de encendido y apagado del alumbrado, cambiar de manera masiva los horarios de apertura y cierre de escaparates y alumbrados exteriores.

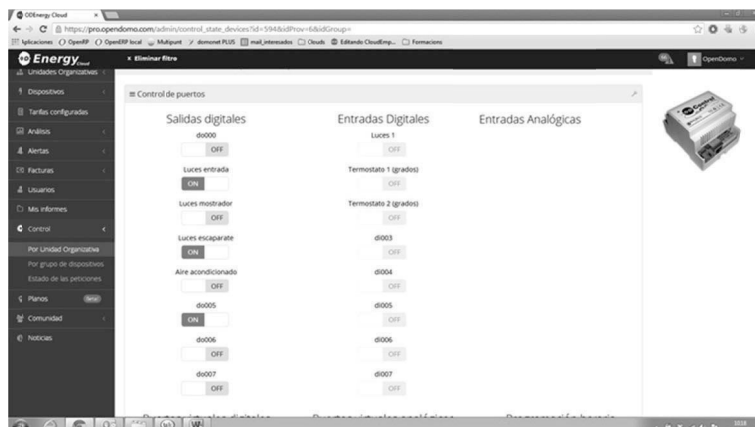


Figura 2. Control por unidad organizativa.

Estas soluciones deben ser sencillas y poco intrusivas en este tipo de instalaciones para evitar grandes costes de instalación y por eso actúan directamente contra los interruptores de protección de cabecera y se manejan distintas cargas con un único controlador IP conectado a internet.

Estas soluciones tampoco suponen comprar un software propietario ni un servidor dedicado para tal efecto, porque sería un gasto de difícil recuperación. Para evitar estos gastos de implantación y también con el fin de tener una herramienta constantemente actualizada, se recomienda que la solución esté alojada en un cloud de internet, permitiendo una escalabilidad total y con una gran capacidad de mejora. El cliente debe poder elegir las opciones que necesita para su tipo específico de instalaciones y aplica simplemente lo que usará.

Por ejemplo, se debe poder establecer distintos usuarios con unos permisos concretos, impidiendo al personal de tienda modificar los horarios de consigna, o permitiendo al personal de administración acceder a la información de facturación pero no a los aspectos técnicos de las instalaciones.

También deber permitir enviar a la misma herramienta de lectura de consumo eléctrico, por ejemplo, información a los dispositivos de control para desactivar consumidores concretos en caso de estar cerca de la potencia máxima contratada y evitar penalizaciones por superar el máxímetro, así como establecer valores máximos y mínimos que, una vez superados, provoquen una reacción de todo el sistema para minimizar el fallo y la ineficiencia.

Por último, la solución debe poder permitir tener alarmas que se envíen al teléfono móvil y actuar sobre la propia instalación a distancia, permitiendo no sólo ser más eficientes energéticamente, sino que, además, se reduzcan los costes derivados de estas ineficiencias y nos permita avisar al equipo de mantenimiento de forma adecuada, informándole de la naturaleza de la avería.

De la unión de un sistema BMS y una plataforma de monitorización energética se están obteniendo ROIs de entre 6 meses a 1 año, sin contar la funcionalidad extra que se ofrece a los usuarios de las instalaciones.

En uno de los últimos proyectos en los que ha participado activamente Open Domo, se han detectado grandes ineficiencias en el uso de los equipos, es curioso como los empleados estaban formados para encender y apagar el local, tenían etiquetas de colores encima de los magneto-térmicos para, así, encender o desactivar los distintos aparatos mediante un código de colores:

- El rojo estaban los que nunca se deben apagar: Alarmas, cámaras, sistema contraincendios, motores de las persianas, etc.
- En amarillo tenían marcada la línea de alumbrado de reposición, los ordenadores, y las cortinas de aire.
- En verde estaba todo el resto, alumbrado de venta, proyectores, pantallas, televisores, escaparates interiores, etc.

Monitorizando, se descubrió que, a pesar de tener el cartel en verde, y por lo tanto debiendo ser desconectada, la línea de alimentación de las pantallas interiores de la tienda (dos pantallas de LED de 3 metros de largo por dos de ancho y un consumo de 2000W cada una) permanecía encendida todo el día, como si de un sistema esencial se tratara. Al detectar el error se procedió inmediatamente a mandar a un responsable energético y un responsable de mantenimiento para ver qué problema tenía el procedimiento y saber porque los empleados, no desconectaban ese circuito a la hora de cierre del local como era de esperar.

Se descubrió que, debido al calor del cuadro, algunas etiquetas de colores estaban despegadas, así que, los empleados, al no ver la etiqueta indicada, no desconectaban los circuitos puesto que no entienden las complejidades de los sistemas eléctricos y no saben dónde tocan.

Tampoco se percataron de que las etiquetas estaban despegadas, simplemente seguían con la rutina que tenían marcada.

Al ver este problema tan simple, UNA PEGATINA DESPEGADA, pero que provocaba consumos indeseados de 4KW a la hora durante 14 horas al día y que a fin de año eso implicaba un exceso de consumo de 20500KW/h cada año, unos 2500€ aproximadamente recurrieron a un sistema que les ha costado 1100€ pero que maneja todas esas cargas de forma automatizada, programada y con funcionalidades cloud extendidas como las comentadas anteriormente.

Como pueden ver, el ROI en este caso ha sido de menos de 6 meses, con lo cual se puede concluir que la inversión está más que justificada.



Figura 3. Planos.

CONCLUSIÓN

Todas estas ventajas en cuánto al control de la instalación hacen que las plataformas de monitorización deban evolucionar de forma radical y dejar de usarse exclusivamente para obtener potenciales si no para obtener ahorros directos y justificar su utilización de forma verdadera.

PROYECTO NEHOGAR: SISTEMA CONSTRUCTIVO PARA EL CUMPLIMIENTO DEL HORIZONTE 20 MARCADO POR LA CE

Ana Isabel Menéndez Suárez, Gerente, EFINCO, S.L.
Iván Menéndez Suárez, Director Técnico, EFINCO, S.L.

Resumen: NeHogar plantea un proyecto de vivienda unifamiliar a costes contenidos y que tenga en cuenta, no solo la demanda final del edificio, sino también las soluciones activas basadas en energías limpias que permitieran al proyecto obtener una calificación energética A tanto en consumo, como en emisiones de CO₂. El proyecto monitoriza los consumos durante cinco años, dejando libertad absoluta a la gestión por parte la propiedad. Los resultados obtenidos permitirán conocer el funcionamiento del inmueble en manos de un usuario final sin formación específica en este ámbito.

Palabras Claves: Arquitectura, Bioclimática, Construcción, Eficiencia, Energía, Industrialización, Ingeniería, Monitorización, Renovables, Sostenibilidad

Introducción

neHogar surge como iniciativa privada organizada a través de AINER (Consorcio Tecnológico de la Energía de Asturias) incorporando a numerosas empresas e instituciones para destacar, demostrar y promover la introducción en nuestro mercado de los requisitos que la UE exigirá cumplir a todos los países miembros en el año 2020 en el sector de la edificación, sin incurrir en sobrecostes y con unas calidades muy superiores a las exigidas en el código técnico de edificación. Para ello, se mostrarán unas soluciones poco convencionales, como es la industrialización del proyecto a fin de, redistribuir los costes de un modo más racional en cuanto a la edificación eficiente se refiere y así encajar un precio definido de antemano: 1.270,00 eur/m² incluido el proyecto (coste de referencia de un proyecto CTE aproximado en la provincia de Asturias para vivienda Unifamiliar).



Figura 1. Exteriores neHogar.

Antecedentes

El proyecto arranca en mayo de 2012, con un precio máximo trazado y un interés real por parte de todas las empresas partícipes por mostrar un caso práctico de vivienda de consumo energético casi nulo, en el que no se estuviera poniendo en tela de juicio la dificultad de competir con otros proyectos más

convencionales, se pretendió demostrar desde un principio que se puede diseñar y ejecutar edificios sin sobrecoste, siempre y cuando no se pierda el horizonte que se pretende alcanzar.

El primer reto fue buscar un equipo de empresas que integraran y abarcaran todo el espectro de la edificación, fueran complementarias y permitieran dar una visión especializada en cada parte del proyecto, aportando soluciones prácticas a cada paso, soluciones testadas ya en otros proyectos de distintas índoles y que se integrarán perfectamente en este tipo de edificios. A pesar de ser un proyecto relativamente pequeño, ha tenido la participación de arquitectos e ingenieros de distintas especialidades integrados y la coordinación ha sido un factor decisivo a la hora de llevar a cabo las soluciones más eficientes. Gracias a la perfecta integración del equipo, se ha llegado a soluciones menos convencionales como es el entramado ligero metálico para poder bajar los tiempos de ejecución hasta en un 40% y, por tanto, tener ese margen de maniobra en cuanto a selección de materiales de altas prestaciones se refiere.



Figura 2. Construcción de la vivienda.

Fases del proyecto

El proyecto consta de tres fases:

1. Diseño de proyecto arquitectónico teniendo en cuenta las condiciones climáticas del entorno, en este caso se pudo jugar con las orientaciones, pero con un escaso margen, puesto que el inmueble se encuentra en el fondo de un valle entre montañas, que sombrean a lo largo del invierno. Una vez definidas las condiciones de situación, se procedió a diseñar las soluciones de estructura y envoltente. Una vez conocida la demanda de ACS/calefacción, se procedió a estudiar las distintas alternativas en cuanto a soluciones activas se refiere. Esta fase duró desde mayo de 2012 hasta aproximadamente agosto del mismo año, fecha en la que se solicita la licencia de obras que se concede en noviembre.
2. Ejecución del proyecto; se inicia en noviembre de 2012 e inicialmente tenía un plazo de construcción de cinco meses para la vivienda y un mes para excavaciones y urbanización exterior, al ser una vivienda industrializada, no se contempló cambio alguno desde la fase de diseño a la de ejecución, todas las decisiones fueron tomadas en la primera fase sin alteración ninguna. El proyecto se finalizó en el mes de junio de 2013 con un mes y medio de retraso.
3. Seguimiento de resultados; debido a retrasos en cuanto a la obtención de licencias definitivas por parte de administraciones, no se ha tenido el funcionamiento completo de las instalaciones activas del edificio hasta el mes de marzo de 2014, pero a partir de esta fecha se procederá a monitorizar consumos, usos y hábitos de la vivienda es situación ordinaria de uso durante un periodo de cinco años.

El resultado final del edificio ha sido más que satisfactorio no sólo en cuanto a la consecución de una alta calificación energética A (tanto en consumos como en demanda), sino también a una alta sostenibilidad en cuanto a minimización de residuos generados en obra y a consumos de agua durante la misma.

Soluciones aportadas:

Las soluciones finalmente aportadas han sido:

- Sistema de cerramiento industrializable multicapa: basado en estructura de entramado ligero metálico, aislamiento por el interior entre perfiles de estructura, barrera de vapor reflexiva al interior y lámina impermeabilizante transpirable al exterior, sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE). Cámara interior para conducción de instalaciones sin necesidad de tocar la envolvente del edificio y trasdós de doble placa de yeso laminado con sistemas Placo. Aislamientos interiores acústicos y térmicos de altas prestaciones de Isover. Construcción totalmente en seco con ahorro de tiempos superiores al 50% con respecto a una vivienda convencional.
- Carpinterías exteriores de PVC eurofutur elegance con vidrios de una sola cámara bajo emisivos y con gas argón, con persianas aisladas y motorizadas en zonas de dormitorios.
- Ventilación forzada doble flujo con recuperador de calor, con unos rendimientos del 90% según ficha técnica, dentro de la simulación de neHogar se han estimado rendimientos del 60% para garantizar unos mejores resultados en la monitorización.
- Calefacción mediante suelo radiante y bomba de calor aerotérmica, puesto que en nuestra climatología, continental templado, las temperaturas invernales no suelen bajar de los 10º.
- Producción de ACS en un 55% mediante placas solares colocadas en la cubierta y el resto complementado con la bomba de calor aerotérmica Thermor Alfea.
- Aislamientos acústicos entre plantas para evitar cualquier tipo de reverberaciones entre las distintas estancias de la vivienda.
- Estudio de las necesidades lumínicas de la vivienda en base a las preferencias y hábitos de los propietarios, declinándose por iluminación LED en planta baja por ser la zona de uso más habitual de la vivienda e iluminación dicróica en planta primera con portalámparas compatibles con ambos sistemas, la elección de la primera planta ha sido en base a costes económicos, pero los propietarios esperan poder ir cambiando a LED la totalidad de la vivienda. El exterior también se ha completado con iluminación LED.
- La cochera se ha equipado con toma para coche eléctrico.
- Kit de domótica básico Schneider Electric Xenta, para hacer más fácil la vida en el entorno rural, con las funciones más básicas: apertura y cierre de persianas, detección de inundaciones e incendios y simulación de presencia.
- Monitorización de la vivienda para conocer la evolución a lo largo de los próximos cinco años: consumo eléctrico total de la vivienda, consumo de iluminación, consumo eléctrico bomba aerotérmica, consumo eléctrico circulador solar, consumo eléctrico sistema de ventilación, producción térmica calefacción, producción térmica ACS solar, consumo ACS, temperatura ambiente exterior, temperatura ambiente interior, humedad relativa interior, temperatura superficial interior.

Comportamiento térmico:

- Cerramiento de fachada: 0,20 W/m²k
- Cubierta: 0,17 W/m²k
- Huecos no opacos: 1,20 W/m²k

- Suelo: 0,30 W/m²k

Para garantizar la mayor fiabilidad de resultados se ha ejecutado la prueba de estanqueidad de la vivienda a través del blower test durante la ejecución del proyecto, sin estar colocados todos los aislamientos, a fin de poder subsanar o rectificar cualquier elemento que tuviera tasas altas de infiltraciones como persianas o cajas eléctricas, obteniendo 0,66 renovaciones 50 pascales de presión.



Figura 3. Instalaciones en la vivienda.

Así mismo, se ha realizado el proceso de certificación del edificio a través del Calener VIP, obteniendo una certificación energética A en consumo de 18 Kwh/m² año de energía primaria total y una certificación energética A en cuanto a emisiones de CO₂ de 4 kg de CO₂/m² año.

Para poder conocer más de los resultados que este tipo de edificios puede proporcionarnos se llevará a cabo un seguimiento de los siguientes parámetros en la monitorización:

1. Consumo eléctrico total de la vivienda.
2. Consumo de iluminación.
3. Consumo eléctrico bomba aerotérmica.
4. Consumo eléctrico circulador solar.
5. Consumo eléctrico sistema de ventilación.
6. Producción térmica calefacción.
7. Producción térmica ACS solar.
8. Consumo ACS.
9. Temperatura ambiente exterior.
10. Temperatura ambiente interior.
11. Humedad relativa interior.
12. Temperatura superficial interior.

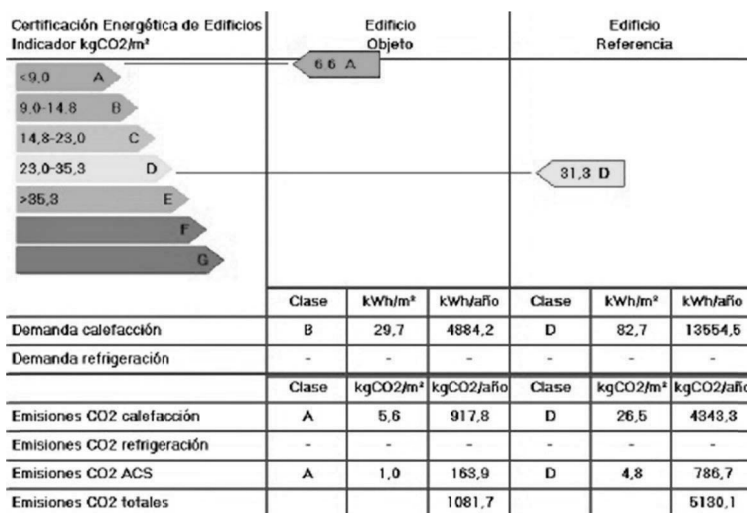


Figura 4. Certificación Energética.

Divulgación y concienciación

A lo largo de toda la fase de ejecución, se ha permitido la visita a la obra a todo aquel que estuviera interesado en ver las soluciones y el modo de ejecución de las mismas para la eliminación de puentes térmicos y la minimización de infiltraciones, llegando a dar una jornada técnica con todos los aspectos clave que se tuvieron en cuenta a lo largo de la fase de proyecto para alcanzar las soluciones dadas.

Para conocer más del proyecto se puede acceder a www.proyectonehogar.com en el que se ha ido colgando toda la información, semana a semana, desde el inicio del proyecto y que esperamos podamos seguir aportando nuevos datos sobre confort y consumos.

TORRE AUDITORI PORTA FIRAL DE IBERDROLA. ICONO DE EDIFICIOS DE OFICINAS DE ENERGÍA CASI NULA A GRAN ALTURA

Víctor Moreno Solana, Director Técnico, ISOLANA Ahorro Energético SL
Amalia Roca Pintado, Gerente, ISOLANA Ahorro Energético SL
Miguel Ángel Menéndez, Director de Proyectos, Iberdrola Inmobiliaria, S.A.U.

Resumen: Se exponen las ideas fuerza tenidas en cuenta en el diseño y ejecución del recién inaugurado edificio “Torre Auditori” de IBERDROLA situado en Barcelona. Con una superficie construida sobre rasante de 23.575 m² repartidos en 25 plantas, el edificio AUDITORI se ha convertido en una manifestación de EECN en edificios de oficinas a gran altura. El edificio tiene un consumo de energía primaria anual de 66,40 kWh/ (m²/año) y una emisión de CO₂ anual de 16,10 kgCO₂/m²/año lo que significa una reducción del 75% respecto de un edificio de referencia, habiéndose obtenido la calificación energética “A” con un índice muy por debajo del máximo exigido (0,25<0,40). Esto ha sido posible gracias a la conexión energética al Distric Heating&Cooling ECOENERGIES, que suministra energía térmica a Barcelona sur. Otro factor energético muy a tener en cuenta es la fachada modular del edificio, con un reducido coeficiente de transmisión térmica, y unas propiedades ópticas de transmisión visible y factor solar adecuados para cada orientación solar. De esta manera conseguimos unos ratios muy altos de superficie iluminada naturalmente, mientras que para la iluminación artificial se ha provisto de tecnología de bajo consumo y sistemas de control eficientes con un índice de VEEI muy inferior al límite máximo exigido en CTE (1,63W/m²/100•lx < 3,0). El edificio está en proceso de obtención del sello de sostenibilidad BREEAM®, reconocimiento que avala el compromiso medioambiental.

Palabras Claves: BREEAM, Certificado Eficiencia Energética, Distric Heating&Cooling, Eficiencia Energética, Factor Solar, Oficinas, Sostenibilidad, VEEI

INTRODUCCIÓN

“Torre Auditori” Porta Firal es un edificio de oficinas de uso público perteneciente al desarrollo terciario Porta Firal que constituye el mayor business park de promoción privada de Barcelona y está destinado a su explotación por arrendamiento, compuesto por 4 edificios con una superficie construida de 91.111 m², propiedad de Iberdrola Inmobiliaria Catalunya, SAU.



Figura 1. Edificio Torre Auditori de Porta Firal de Iberdrola. Izquierda: Exterior Edificio. Centro: Eliminación del anillo perimetral en Planta Baja. Derecha: Oficina tipo dentro del edificio.

La edificabilidad total del conjunto queda repartida en tres torres semejantes (“Torre Auditori”, “Torre Pedralbes” y “Torre Montjuïc”) de 80 metros de altura y 1.200 m² por planta, y en un edificio algo menor (“Torre Marina”) de unos 50 metros de altura compuesto por un zócalo de tres plantas y un cuerpo superior también de 1.200 m² por planta. Torre Auditori tiene una superficie construida de 25.316,96 m², desarrollada en 25 plantas sobre rasante y 3 bajo rasante. Está compuesta por un núcleo central estructural de 16 x 16 m. que incorpora la comunicación vertical de personas e instalaciones en su interior, rodeada por una superficie útil de oficinas de unos 900 m² por planta, hasta el perímetro de la fachada que es de 34,50 x 34,50 m., y actúa además como segundo anillo estructural.

La característica especial de este edificio es precisamente la desaparición de este anillo perimetral en los tres primeros niveles, siendo únicamente el núcleo central el que intersecciona con el suelo. Esta disminución de sección provoca una transparencia y liberación del espacio y de las visuales desde todo el entorno a nivel de “calle”. La misma disminución de sección se produce de forma simétrica en las plantas superiores, que incorporan las instalaciones principales en su interior.

La planta tipo está configurada de tal forma, que permite su utilización como una única oficina, de unos 900 m² útiles en uno, dos, tres o cuatro módulos simétricos de 225 m² cada uno.

Las fachadas, poseen tratamientos diferentes dependiendo de su orientación solar y su posición respecto al conjunto de los otros edificios. Los vidrios tienen mayor transmisión luminosa y factor solar en orientación Norte y menor hacia el sur para mejorar la eficiencia energética y tener confort visual. El conjunto de las fachadas se ha resuelto con un sistema modular del fabricante alemán “Shüco”. La proporción vidriada es del 50% aproximadamente.

Uno de los requisitos del promotor era conseguir un edificio lo más eficiente posible, dentro las limitaciones claras de funcionalidad y coste. De esta forma se diseñó un edificio de Alto Valor Energético con una calificación energética de “Clase A”, la más eficiente según el RD 235/2013, obteniéndose una eficiencia energética y reducción de emisiones Gases de Efecto Invernadero del 75% respecto de un edificio convencional que no tuviese implementadas medidas de ahorro energético.

EL PROYECTO

El sector terciario supone alrededor de 1/3 del consumo total de energía de nuestro país y de éste, más del 50% corresponde a los edificios de oficinas. Desde IBERDROLA INMOBILIARIA se inició el desarrollo de “Porta Firal” en Barcelona fijándose como meta responder a una demanda de localización por parte de corporaciones multinacionales con necesidad de cambio de sede (reagrupación para ahorrar costes) y empresas de mediana dimensión vinculadas al eje financiero Diagonal que contase con el ratio de consumo/m² más bajo de todo el mercado de oficinas de la ciudad sin sacrificar el confort térmico y visual de los futuros usuarios. Actualmente la contención en los gastos es lo que prevalece en cualquier negociación de alquiler. Los edificios en altura se desarrollan con un esquema eficiente para un uso de oficinas a cuatro vientos, de núcleo central, con una superficie de 1.200 m² por planta de geometría cuadrada lo que confiere una total flexibilidad en la implantación de los usuarios. La concentración de edificabilidad en cuatro edificios altos, cercanos y estratégicamente colocados entre sí, permite esponjar al máximo la plataforma de planta baja. El cuadro de superficies del proyecto es el siguiente:

- Superficie construida sobre rasante= 23.575,09 m²
- Superficie construida bajo= 942,58 m²
- Superficie total construida= 25.397,40 m²
- Superficie por planta= 1.200 m²

Uno de los requerimientos principales de diseño del edificio era conseguir un Edificio de Energía Casi Nula, para conseguir este fin el proceso de diseño incorporó los siguientes elementos y metodologías de cálculo. En primer lugar, a través de “MIYABI-eficiencia energética en la edificación”, sociedad pública del Gobierno de Navarra, se modelizó el edificio con dos herramientas informáticas, Energy Plus, desarrollado por el “Departamento de Energía de Estados Unidos” capaz de simular ciclos completos de vida de un edificio considerando todas las variables relevantes para su comportamiento energético; y el Calener GT, el programa oficial para certificaciones energéticas. Los datos tenidos en cuenta para la calificación energética del edificio de referencia que cumple estrictamente del CTE y del edificio propuesto se resumen en la siguiente tabla:

	VEEI Zonas perimetrales	VEEI Zonas centrales	Transmitancia Huecos (NE/NO/SE/SO)	Factor Solar (NE/NO/SE/SO)	Transmitancia visible (NE/NO/SE/SO)
Edificio Propuesto	1.9	1.5	1.3/1.3/1.3/1.3	0.36/0.35/0.31/0.31	0.57/0.57/0.48/0.48
Edificio Base	3.5	4.5	2.2/2.2/3.5/3.5	0.7/0.7/0.7/0.7	0.7/0.7/0.7/0.7

Figura 2. Características térmico-lumínicas de los vidrios de fachada.

El consumo total cuantificado para el edificio proyectado es de 685.567 KWh/año (figura 3):

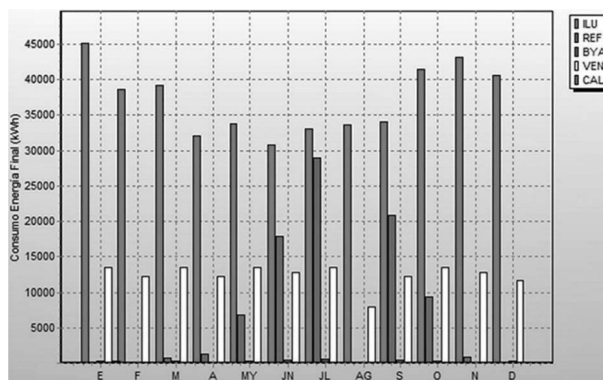


Figura 3. Desglose de consumos del Edificio propuesto. CALENER GT.

El consumo total cuantificado para el edificio proyectado es de 1.202.852 KWh/año (figura 4):

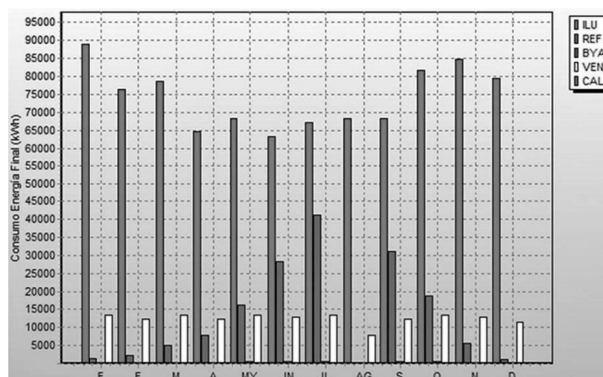


Figura 4. Desglose de consumos del Edificio base. CALENER GT.

Dada la existencia en el sector del District Heat&Cooling (DHC) de la concesionaria “Ecoenergies (Grupo DALKIA)”, una producción centralizada de calor y frío, que mediante un sistema de redes que transportan fluidos térmicos a 90º y 7º con unas potencias instaladas de 16,6 MW de frío y 9 MW de calor, se optó por este sistema para satisfacer la demanda de climatización y agua caliente sanitaria del edificio. La ventaja principal del DHC es aumentar la eficiencia energética en la generación y la reducción de emisiones, integrando las energías renovables (biomasa residual de la tala de parques y jardines de Barcelona y captación de frío procedente de la vaporización del gas natural licuado de la planta del puerto de Barcelona), aprovechar los recursos locales que de otra manera se perderían (enfriamiento natural, calor o frío sobrante de la industria cercana, etc.), y disponer de los sistemas de producción de alta eficiencia que de manera independiente no serían amortizables por su elevado coste inicial y de mantenimiento plurianual.

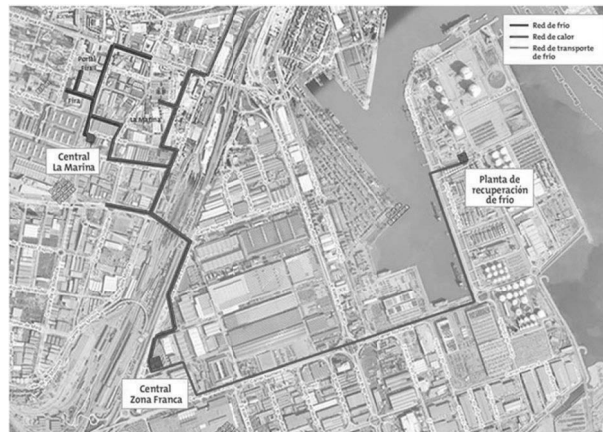


Figura 5. Desarrollo del District Heating&Cooling ECOENERGIES.

Tras la simulación energética, el resultado obtenido de consumo de energía final fue que casi el 65% correspondía a iluminación y el 22% y 13% a ventilación y refrigeración respectivamente. Son unos datos que difieren con los de un edificio estándar: 74% (iluminación), 14% (refrigeración) y 12% (ventilación) y esto se explica por la alta eficiencia de los equipos de iluminación en oficinas y del sistema de climatización elegido (fan-coils a 4 tubos de última generación alimentados por el DHC).

A la necesidad de aumentar la eficiencia en la iluminación se sumaba el hándicap de cumplir con el requerimiento del Código Técnico (CTE-HE5) que para un edificio de nuestras características requería instalar 35,1 kWp en colectores fotovoltaicos que por su ubicación en cubierta a más de 92 metros de altura, con la escasa superficie disponible y el hecho de que este tipo de instalaciones en la actualidad no son rentables nos hicieron emprender una serie de negociaciones y análisis conjuntamente con la Agencia de la Energía de Barcelona.

Se enfocó el problema por dos flancos: el tratamiento de la fachada y la eficiencia de los equipos. Sobre el primero, se optó por un vidrio con transmisión luminosa y factor solar elevados (57% y 36% respectivamente) en las fachadas Norte con menor aportación de luz natural y sin riesgo de provocar deslumbramiento a los usuarios (mayor confort visual), reduciendo ambos parámetros en las fachadas Sur (48% y 31% respectivamente) al tratarse de frentes que reciben mayor cantidad de horas de luz y con riesgo de deslumbramiento, especialmente a poniente. La solución de acristalamiento ha sido de la marca “Vitro Cristalglass” con doble vidrio compuesto por una hoja exterior de 8 mm de espesor, “SOLARLUX® Supernatural 52/25 HT 8 TEMPLEX (termo endurecido)”, Cámara de aire deshidratado de 16mm con intercalario de color negro y hoja interior vidrio laminar de 4+4mm de espesor tipo “AKUSTEX® L9” adheridos con silicona estructural “Sika” y grapas de seguridad. Transmisividad

Luminosa (Tv)= 48%. Factor Solar (g)= 31%. Coeficiente de Transmisión Térmica (U)= 1,3 W/m²K. Atenuación acústica (dB)= 41(-1;-5).

Respecto a la eficiencia de los equipos, se optó por el modelo más avanzado del mercado ("PHILIPS Smartform TBS460") con un rendimiento del 94% y un valor de eficiencia energética (VEEI) de 1,63 W/m²/100 lx con regulación electrónica (en función de la iluminación natural recibida) muy superior a la exigida por el CTE (3,5 W/m²/100 lx).

Los resultados fueron concluyentes, a igualdad de coste de inversión, la instalación de los paneles fotovoltaicos hubiesen generado una potencia eléctrica de 79.830 kWh/año mientras que las medidas adoptadas en proyecto aumentando los valores de VEEI y mejorando los parámetros ópticos de los acristalamientos consiguen una reducción de 517.284 kWh/año, lo que representa un ahorro de energía final de 437.454 kWh/año sobre la instalación fotovoltaica.

El sistema de climatización todo agua con fan-coils a 4 tubos. La distribución se realiza a cuatro tubos (frío y calor) que permite la climatización independiente y simultánea con termostato en cada despacho (3,60m en fachada). Secundario alimentado a través del District Heat & Cooling (DHC). Instalación individual por módulo de planta. Contratación de la potencia independiente por inquilino. Categoría de calidad del aire interior (IDA): IDA 2. Humectación del aire primario mediante equipos generadores de vapor por resistencias. Condiciones de humedad dentro de las oficinas entre el 40-50% (21°C). Fan-coils marca "DAIKIN Modelo: FWM08CFN", Caudal de aire: 555 m³/h (V. med.) / 50 Pa, Potencia frigorífica total: 2,4 kW Potencia frigorífica sensible: 2,13 kW y "DAIKIN Modelo: FWD10AF", Caudal de aire: 1179 m³/h (V. med.) / 80 Pa, Potencia frigorífica: 3,65 kW; Potencia frigorífica sensible: 2,00 kW. Software de gestión sistema de climatización "SIEMENS". Contadores de calor y frío en cada módulo de planta, que vierten información a sistema de gestión y el consumo se imputa individualmente al inquilino por su superficie alquilada.

Los resultados de ahorro energético conseguidos gracias a la implementación de las diferentes Medidas de Ahorro Energético implementadas en el diseño fueron los siguientes:

Grupo de Consumo	Ahorro del edificio proyectado (KWh/año)
Iluminación	444.463
Refrigeración	72.066
Bombas y Auxiliares	1.088
Ventiladores	0
Calefacción	-298
Total	517.319

Figura 6. Resultados de ahorros energéticos conseguidos.

Gracias al eficiente sistema de iluminación y filtrado de la luz por parte de los vidrios, los mayores ahorros se producen en el apartado de la iluminación, seguidos de los de refrigeración.

Para conseguir un nivel de ahorro similar al conseguido por las medidas de eficiencia implementadas, hubiese sido necesario instalar más de 1.000 colectores fotovoltaicos, equivalente a 1.630m² de cubierta que no posee el edificio y cuya viabilidad en términos de rentabilidad no estaría justificada.

Respecto del consumo de agua, se ha reducido el consumo en más de un 40%. Para reducir la demanda de agua potable en el edificio se emplean innovadoras tecnologías griferías electrónicas con detector de presencia y caudal reducido a 6 litros por minuto.

En los inodoros se han instalado válvulas de doble descarga líquidos/sólidos (sistema Dual Flush) de alta tecnología para tanque de sanitario. Para la evacuación de líquidos sólo se consumen 3 litros en cada accionamiento, lo que permite ahorrar hasta 55.000 litros de agua al año por sanitario. Todos los urinarios en aseos masculinos disponen de un sistema de descarga electrónico con detector de presencia.

Dada la naturaleza tecnológica y sostenible de IBERDROLA, comprometida con el medioambiente a través de una construcción sostenible y la eficiencia energética, el proyecto que ha obtenido la máxima certificación energética es ya una realidad.

RESULTADOS

La calificación energética de “Torre Auditori” es “Clase A”, la más eficiente según el RD 235/2013, obteniéndose una eficiencia energética y reducción de emisiones GEI del 75% respecto de un edificio convencional que no tuviese implementadas medidas de ahorro energético.

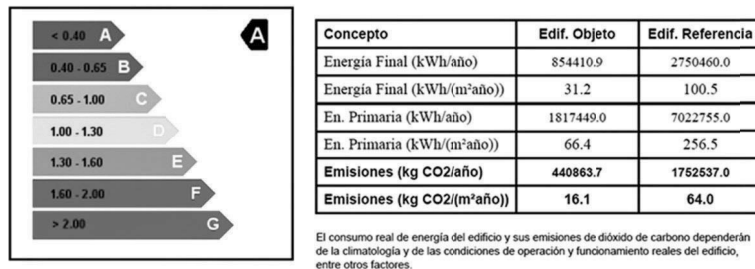


Figura 7. Etiqueta de Eficiencia Energética del edificio.

“Torre Auditori Porta Firal” tiene un consumo de Energía Final de 31,2 kWh/m²·año, un 75% menos de consumo que un edificio de referencia (100,5 kWh/m²·año) y el nivel de emisiones se ha reducido hasta los 16,1 kg CO2/m²·año, casi un 75% menos que un edificio estándar (64 kg CO2/m²·año, lo que nos ha reportado la obtención del certificado “A” de alta eficiencia energética según el Real Decreto 235/2013.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Con los datos aportados, podemos describir la el edificio de IBERDROLA “Torre Auditori” de la Porta Firal de Barcelona como un icono de los Edificios de Alto Valor Energético de los edificios de oficinas de gran altura en España.

Además se está gestionando el sello de sostenibilidad BREEAM®, para conseguir una calificación de EXCELENTE, lo que hará del edificio “Torre Auditori” un icono sostenibilista de los edificios de oficinas de gran altura en España.

CASA PASIVA ENTREENCINAS: CERTIFICADA POR EL PASSIVHAUS INSTITUT CON CRITERIOS DE BIOCONSTRUCCIÓN EN ASTURIAS

Alicia Zamora Delgado, Arquitecta. Certified Passive House Designer. EA VERDE-GBCe, DUQUEYZAMORA arquitectos

Iván G. Duque, Arquitecto. Certified Passive House Designer, DUQUEYZAMORA arquitectos

Resumen: Resultado de la búsqueda de una vivienda autosuficiente, la Casa EntreEncinas certificada por el Passivhaus Institut en 2013, integra en su diseño los conceptos de eficiencia energética del Estándar Passivhaus, que garantizan un EECN y los principios de bioconstrucción, que exigen el uso de materiales y sistemas constructivos de bajo impacto ambiental. Ha sido Premio en IV Premios de Construcción Sostenible de Castilla y León 2013. La comunicación propuesta pretende dar a conocer el proceso de trabajo de un EECN, desde su diseño, construcción, dirección de obra y mostrar los datos recogidos por la monitorización durante el primer año de vida de la vivienda.

Palabras Claves: Arquitectura Bioclimática, Balance Energético, Bioconstrucción, Monitorización, nZEB, Passivhaus, Requisitos para un EECN

INTRODUCCIÓN

Se ubica en los alrededores del pueblo de Villanueva de Pría, perteneciente al concejo de Llanes en Asturias, a 500m de la costa. Desde su origen, en esta casa se han querido conjugar los conceptos de eficiencia energética del estándar Passivhaus, paso previo para conseguir un Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo, con los principios de la bioconstrucción. Como punto de partida de cualquier proyecto, se estudian dos aspectos que se consideran muy importantes: el clima y la topografía. En cuanto a la topografía, se encuentra en un entorno natural rodeado de vegetación autóctona, como son las encinas, robles, abedules, y con una topografía accidentada de roca caliza blanca, los cuetos, muy típicos de esta zona de Llanes. Se realiza un levantamiento de las afloraciones rocosas de mayor importancia y de la vegetación existente. La solución conjunta de la propuesta pasaba por respetar la escala del entorno e integrar la vivienda en el paisaje. Se tuvo en cuenta la forma y ubicación de las viviendas, su orientación, la disposición en el terreno para protegerse de los vientos dominantes en invierno, se busca el máximo aprovechamiento de los recursos naturales del clima, y por tanto un menor consumo energético. Se procedió a un análisis del clima y el microclima con los datos meteorológicos obtenidos de la estación más cercana al lugar, Niembro, y se desarrollaron una serie de tablas, gráficos y diagramas para determinar las estrategias bioclimáticas apropiadas para conseguir las condiciones de confort más idóneo en los distintos espacios interiores y exteriores de la vivienda.

ESTRATEGIAS DE DISEÑO

A nivel de diseño e implantación en el entorno, la solución de la propuesta pasaba por respetar la escala del entorno, buscar una alta compacidad minimizando la envolvente térmica para disminuir la demanda energética e integrar la vivienda en el paisaje. Surge tras esta reflexión, la idea de que el volumen edificado no tenía que manifestarse en su totalidad. Para ello, parte de la vivienda se “esconde” en un volumen de planta baja casi imperceptible aprovechando la fuerte pendiente que existe a lo largo de toda la diagonal de la parcela. El resto de la vivienda se plantea en un único volumen compacto de dos alturas y abierto al sur como un captador solar, este se asienta sobre la zona llana de la parcela y mantiene una altura inferior a la de las copas de los árboles del entorno. Con una superficie útil de 150

m², la vivienda plantea una separación entre la “zona de día”, en planta primera, y la “zona de noche”, en planta baja. Esta última, de mayor superficie, se integra en el volumen principal y en el enterrado. Se abre completamente al sur y sin embargo mantiene la intimidad y privacidad de sus estancias gracias a su posición en la parcela. El talud y sus múltiples afloraciones rocosas serán su telón de fondo. Bajo los criterios de casa sana se estudió la radiactividad natural del entorno, muy baja al estar sobre terreno calizo.



Figura 1. Vista del volumen principal compacto de dos alturas y del volumen semienterrado con la cubierta ajardinada.

En la planta primera, cuya cota se corresponde con la parte superior del talud, se sitúan las estancias de más vida de la vivienda, el salón, la cocina y comedor. La vista no se interrumpe desde esta altura y la luz incide con mayor intensidad y durante más horas. Esta se plantea como un espacio diáfano vinculada con el terreno a través de la cubierta ajardinada del volumen enterrado.

Con el objetivo de mejorar el comportamiento térmico de la vivienda, se plantea en todo el frente sur de la planta primera una galería. Esta, al igual que en la arquitectura popular asturiana, actúa como un invernadero que acumula el calor en los materiales con inercia térmica, como el pavimento de piedra caliza. Sin embargo, gracias a los sistemas actuales de carpinterías, podemos utilizar este espacio con una mayor flexibilidad, de manera que funcione a lo largo de todo el año. Durante la primavera y el otoño, la hoja interior puede recogerse sobre su parte fija, ampliando la superficie del salón. En verano, en contraposición, la galería funcionará como un porche, abriendo su hoja exterior. Respecto a las orientaciones Este y Oeste, protege la abundante vegetación, lo que ha permitido abrir huecos amplios motivados por las vistas.

ESTRATEGIAS CONSTRUCTIVAS

Para la construcción de un edificio de consumo energético casi nulo, con lo que podemos identificar los edificios pasivos, tenemos que tener una serie de premisas básicas:

- El aislamiento térmico continuo, tanto en planta como en sección. Esto nos lleva a aislar la vivienda por el exterior de su estructura con 16cm, eliminando todos los puentes térmicos.
- Limitar las infiltraciones de aire es otra premisa fundamental. Las entradas de aire y salida al exterior producirían pérdidas energéticas, y por otra parte, la estanqueidad es importante para su funcionamiento correcto y equilibrado del sistema de ventilación mecánica con recuperador de calor.

En la Casa EntreEncinas, se ha querido ir un paso más allá. La elección de los materiales es esencial para el bienestar de los habitantes de la casa y para el equilibrio del medio ambiente. Se entiende la envolvente de la vivienda como su tercera piel. Por todo ello, se opta por una utilización de materiales de bajo impacto ambiental, con reducciones importantes de los consumos de CO₂, reciclables, no contaminantes, no tóxicos, sin emisiones de sustancias nocivas, con bajo impacto ambiental, con buena transpiración que ayude a conseguir un ambiente interior sano, preferiblemente de origen orgánico y

100% renovables. Técnicamente, se busca una combinación equilibrada de materiales aislantes y acumuladores de calor, materiales lo más abiertos posibles a la difusión de vapor de agua e higroscópicos, asegurando al mismo tiempo la estanqueidad al aire y al viento. En base a los mismos, exceptuando por motivos estructurales el uso de hormigón armado en la cimentación, se eligió: madera contralaminada para la estructura prefabricada; 16 cm de aislamiento de corcho para fachada y cubierta; aislamiento de vidrio celular bajo losa; tuberías, cableado y material eléctrico de polipropileno; revocos de fachada de cal; cubierta ajardinada; cortinas y estores sin pvc; y pavimentos naturales con piedra caliza y bambú. La envolvente térmica se diseñó sin puentes térmicos y muy estanca, minimizando así las pérdidas por infiltración y consiguiendo que la diferencia de temperatura entre el aire y los cerramientos sea inferior a 4°C, lo que garantiza el deseado confort.

El aislamiento de una casa pasiva comienza en la cimentación, en este caso, se ha colocado 10cm de vidrio celular bajo la losa, ya que es un material que procede del reciclado de vidrio y es apto para trabajos a compresión y también envuelve de manera continua su canto para darle luego continuidad por la fachada con 16cm de aislamiento de corcho.

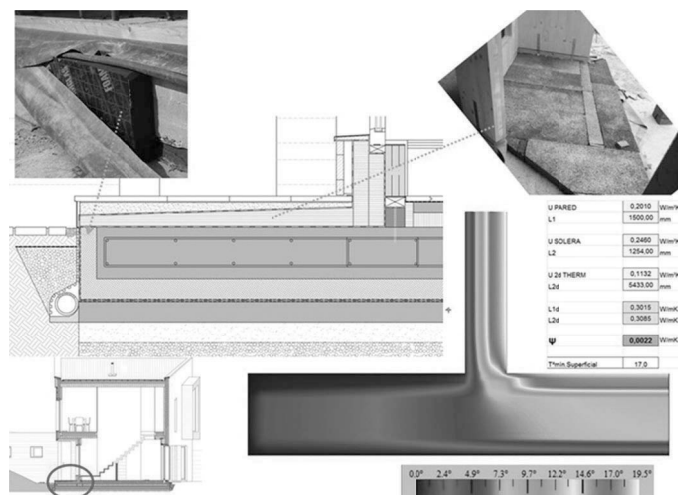


Figura 2. Detalles constructivos.

La madera adquiere protagonismo tanto en la estructura horizontal como en la vertical de la vivienda, realizada a base de paneles macizos de madera contralaminada, procedentes de bosques de tala controlada con certificado PEFC, que funcionando como muros de carga y losas en los forjados permiten grandes luces con espesores reducidos. La industrialización de los procesos constructivos, representa una mejora respecto las calidades sostenibles de un proyecto. La obra en seco permite minimizar el consumo de agua en el proceso de ejecución, reducir los residuos y facilitar el posterior reciclaje. Además, las características de la materia prima garantizan un balance de CO² positivo y procede de explotaciones con el sello que certifica su gestión sostenible. A la vez, los sistemas prefabricados de construcción permiten acortar el planning propio de las obras mejorando la precisión de ejecución. La estructura de la vivienda se montó en 5 días.

La carpintería de las ventanas es de madera de pino con acristalamiento doble de 4/16/4 o 3+3/16/3+3 con un espaciador tipo Swisspacer con rotura térmica "warm-edge", con vidrio bajo emisivo y cámara de Argón al 90%. Normalmente, las casas pasivas tienen triple vidrio, en este caso debido a las condiciones del clima, se vio que no era necesario. Esto forma parte de la adaptación necesaria que hay que hacer del estándar del passivhaus al clima de cada lugar. Mediante el cálculo energético, se tiene que

garantizar un balance energético positivo entre las ganancias solares y las pérdidas energéticas por las ventanas.



Figura 3. Montaje de la estructura de la casa EntreEncinas.

La estanqueidad al aire puede comprobarse mediante un test de presurización, que consiste en la presurización y depresión forzadas mediante la acción de un ventilador colocado en una puerta o ventana exterior creando una diferencia de presión de 50 Pa. Realizamos un test en fase de obra errores en la envolvente estanca. Al concluir la obra, el resultado final fue de 0,39 renovaciones de aire por hora, el límite en una casa pasiva es de 0,6. Casi todo el aire que entra y sale de la vivienda pasa por el recuperador de calor que constituye el corazón de una casa pasiva. La ventilación del aire es continua y a muy baja velocidad, garantizando una calidad óptima del aire en todo momento sin crear discomfort. A la calidad del aire se une la gestión de la energía almacenada, con el recuperador de calor se consigue recuperar un 85% del aire caliente del interior previo a su expulsión. Su consumo es muy bajo, y el único mantenimiento del sistema sería el recambio de los filtros colocados a la entrada y salida del aire. Con este sistema conseguimos una reducción del consumo de calefacción de 40%.

La instalación eléctrica, las armaduras de la losa, las pletinas y piezas metálicas tienen una cuidada toma de tierra para una buena protección. Los cables de la instalación eléctrica están libres de pvc o halógenos y se han dispuesto en forma de estrella para evitar los campos eléctricos en el interior de la vivienda. Se ha instalado un desconectador de red que interrumpe el suministro interno en la zona de las habitaciones cuando no se está utilizando; además, para llegar a ser realmente autosuficientes, está prevista en el futuro la instalación de paneles fotovoltaicos para la producción de electricidad.

RESULTADOS

Bajo la premisa "la mejor energía es la que no se consume", la vivienda aprovecha las estrategias bioclimáticas pasivas para reducir al máximo la demanda de calefacción. La captación solar, la compactidad, alto aislamiento, una alta estanqueidad al aire, combinado con una ventilación mecánica

con recuperador de calor y un diseño sin puentes térmicos, son los pilares para conseguir una vivienda altamente eficiente de consumo casi cero. Se obtienen unos ahorros de energía de más del 80%, comparándolo con las referencias del CTE para la zona climática C1, en la cual se encuentra ubicada la casa. Además la calidad de los edificios pasivos no reside solo en su baja demanda de energía sino, sobre todo, en el gran confort interior que ofrecen a sus usuarios. El resultado de esta demanda de potencia tan baja, permite reducir al mínimo la instalación de calefacción. Se prioriza el uso de las energías renovables. La energía solar para el ACS y la calefacción son una realidad. Se dispone de 6,9m² de paneles solares que se utilizan para el ACS y apoyo de la calefacción, almacenándose en un depósito de inercia de acero inoxidable de 500l, que sirve para:

- Durante el invierno: Precalear el ACS y aportar el calor a la batería de agua para el postcalentamiento del aire colocada en el sistema de ventilación y a dos radiadores toalleros colocados en los baños. Como apoyo a la calefacción tenemos una estufa de leña de 2-4kw colocada en el salón.
- Durante el verano: Calentar el ACS.

Se ha dejado prevista para un futuro, la instalación de paneles fotovoltaicos para la producción de electricidad y llegar a ser realmente autosuficientes.

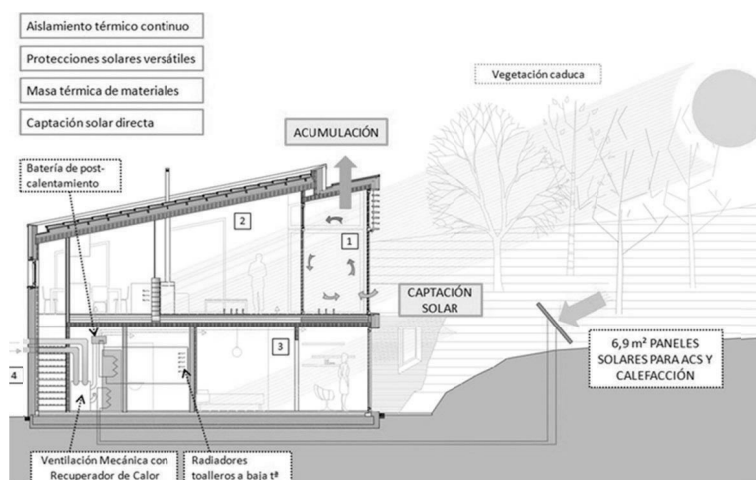


Figura 4. Sección de la vivienda.

Además se tuvieron en cuenta dos objetivos relacionados con la gestión sostenible de los recursos naturales: un sistema completo de gestión del agua, desde la recogida y reutilización del agua de lluvia de la cubierta para la lavadora, cisternas de los inodoros, grifo para la limpieza de la casa y riego de la parcela, almacenada en un depósito enterrado de 1.500l, hasta el tratamiento y saneamiento de las aguas negras para su posterior utilización en el riego de la parcela. Esto último se ha resuelto, mediante un depósito de oxidación total.

MONITORIZACIÓN

Desde Diciembre de 2012, se está monitorizando cada uno de los espacios de la vivienda, recogiendo datos de temperatura y humedad. Las conclusiones recogidas son las previstas en una casa pasiva, con el interés añadido de ver su funcionamiento temporal como segunda residencia y el funcionamiento de la galería.

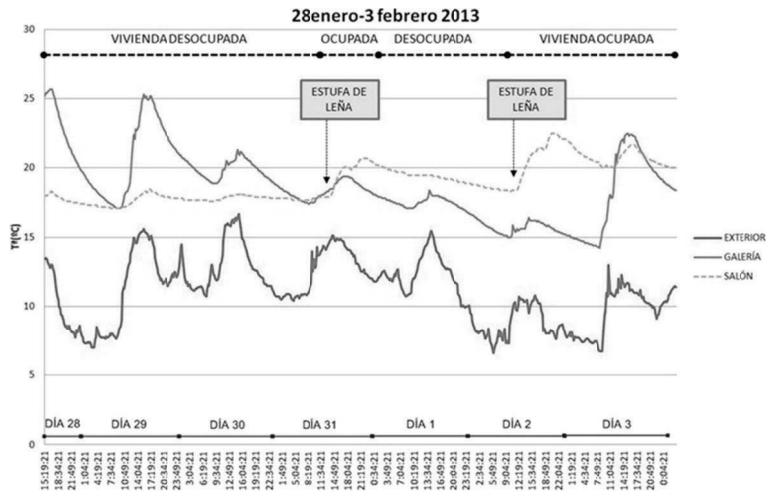


Figura 5. Estudio de la monitorización durante una semana en invierno: funcionamiento de la galería y el salón.

CONCLUSIONES

El diseño arquitectónico debería ser el resultado de un proceso complejo en el que es preciso sintetizar el análisis climático, aspectos funcionales, técnicos y estéticos con las necesidades del usuario. Las estrategias pasivas relacionadas con la reducción de calefacción, refrigeración, iluminación y energía, deberían de combinarse con el resto de prioridades en una fase temprana del proyecto. El hecho de que el edificio se diseñe bajo parámetros de diseño bioclimático pueden reducir el consumo de energía en un 40-50% sin coste alguno. El uso de la madera como sistema constructivo, tanto con estructuras de paneles de madera contralaminada como con entramados de madera, es una solución óptima para conseguir edificios de consumo energético casi nulo.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración en el desarrollo del proyecto a Enrique Alzaga, ingeniero industrial especialista Passivhaus, y a Micheel Wassouf que junto a Davide Reggiani, nos facilitaron todo el proceso de certificación por el Passivhaus Institut. Por último y más importante por ser el origen del proyecto, a J.Zamora y C.Delgado por confiar en nosotros y apoyarnos durante todo su desarrollo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- F.Javier Neila González (2004). *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*. Ed. Munilla-Lería. Madrid, España.
- Rafael Serra (1999). *Arquitectura y clima*. Ed. Gustavo Gili, SL. Barcelona, España.
- Mariano Bueno (1992). *El gran libro de la Casa Sana*. Ed. Martínez Roca, S.A. Madrid, España.
- Philippe Lequenne, Vincent Rigassi (2011). *Habitat passif et basse consommation. Principes fondamentaux. Études de cas*. Ed. Terre Vivante. Mens, Francia.
- Passive House Institut: varios autores (2010). *Active for more comfort: The Passive House*. Ed. Passive House Institut. Darmstadt, Alemania.

EDIFICIO DE ENERGÍA CASI NULA CON INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES Y GENERACIÓN ENERGÉTICA AUTOSUFICIENTE PARA EL SECTOR TERCIARIO: EDIFICIO LUCIA

Francisco Valbuena García, Arquitecto, Universidad de Valladolid
María Jesus González Díaz, Arquitecta, Torre de Comares Arquitectos

Resumen: El edificio LUCIA, para investigación biomédica, es referente en arquitectura sostenible y eficiencia energética. Las reducciones de demanda: 61% iluminación, 90% calefacción y 41% refrigeración, se consiguen mediante diseño bioclimático, mejora de envolventes, instalaciones y equipos de alta eficiencia, integración de energías renovables como geotermia, fotovoltaica y un avanzado sistema de gestión. El uso de biomasa supone un edificio Cero CO₂, utilizado en un sistema de cogeneración que suministra la energía eléctrica y térmica demandada, idóneo para el autoabastecimiento. Se ha incidido en la gestión del agua y residuos, uso de vegetación y materiales de bajo impacto ambiental, etc. Ha sido simulado energéticamente con E-Quest, posee calificación A y opta a platino en certificación LEED y 4 hojas en VERDE, con una inversión de 8225000 € (IVA incl.), para 7500 m² construidos

Palabras Claves: Autoabastecimiento Energético, Edificio cero CO₂, Edificio de Energía Casi Nula

INTRODUCCIÓN

A causa de la Directiva 2010/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios, se han de establecer los datos concretos para la definición exacta de lo que es un edificio de energía casi nula. Será necesario definir unos rangos de demanda numéricos concretos y un valor de uso de energía primaria expresado en kWh/m² por año. A este respecto, el Documento Básico del Código Técnico de la edificación, CTE- DB-HE, presentado en el BOE 12/09/2013 recientemente, supone un paso hacia adelante con respecto a las anteriores versiones en lo referente a edificios de uso de viviendas, estableciendo números absolutos frente a la comparación con “el edificio de referencia”. El problema es sin embargo más difícil en lo que se refiere a otros usos, y especialmente a edificios del sector terciario. Las características exigibles, sobre todo en el tema de ventilación y calidad de aire interior para este tipo de edificios, hacen más complejo el problema.

Desde este punto de vista, el edificio que se presenta, llamado LUCIA, diseñado desde su origen hacia un edificio donde concentrar el conocimiento disponible sobre arquitectura sostenible, y también específicamente en materia de energía cero, se presenta como un caso de estudio cuyas conclusiones pueden ser difundidas y servir como caso de referencia. El hecho de haber sido evaluado y certificado por terceras partes, y de prever su monitorización una vez en uso (el edificio fue inaugurado el 4/02/2014), ofrecerá un interesante campo donde investigar, refrendar o verificar las estrategias utilizadas y sus alcances, así como los puntos flacos de los diferentes campos de las normativas que entren en contradicción con los objetivos.

La importancia de los aspectos educativos del edificio y su potencial formativo, el papel de los propios usuarios en la gestión del edificio, etc., son temas que complementan y son necesarios para la obtención de un edificio sostenible, sin los cuales es difícil conseguir el objetivo de los edificios cero-energía. Por ello, es especialmente interesante un edificio donde desde el principio se han tenido en cuenta estos otros muchos aspectos que superan la atención exclusiva a su mantenimiento energético.

DESCRIPCIÓN DE ACTUACIONES

El edificio, en Valladolid, está destinado a laboratorios y centros de investigación de la Universidad. Se han implementado en él numerosas actuaciones y estrategias en campos como los sociales, los referidos al entorno, accesibilidad, agua, residuos, vegetación, biodiversidad, selección de materiales, reducción de contaminantes, potencial formativo, etc., además de un fuerte impulso en materia energética. Se han desarrollado formas de diseño, estrategias bioclimáticas y técnicas constructivas que hacen del edificio lugar de investigación y alcances en las variadas materias que constituyen la complejidad de la sostenibilidad. Impactos ambientales de la edificación, como emisión de productos foto-oxidantes, influencia en la pérdida de la vida acuática, en la pérdida de la fertilidad del suelo, en el agotamiento de los recursos hídricos, etc., han sido fuertemente evitados.

La obtención de los excelentes resultados del edificio, no sólo en materia energética, sólo es posible mediante la integración arquitectónica de todos los aspectos que concurren en él, comenzando por la forma y el diseño. (Valbuena, González, 2011) [1]. Ha sido certificado y evaluado por entidades externas, herramientas E-Quest, LEED, optando a platino [2], VERDE (optando a máximas calificaciones) [3]; y su certificación energética es A. En cuanto a su funcionamiento energético, la demanda energética ha sido muy reducida mediante un diseño formal y las estrategias bioclimáticas siguientes:

- Elementos bioclimáticos son, entre otros, una alta compacidad (el edificio presenta un factor de forma 0,37 m⁻¹ para sus 5.920 m² acondicionados, lo que supone un ratio difícilmente mejorable), y un cuidadoso análisis de la radiación solar incidente en los huecos. La forma del solar exige largas fachadas en orientaciones Sur-Oeste y Norte-Este, por lo que se ha realizado un cuidadosísimo estudio de reorientación en el diseño de los huecos combinado con los aleros en las orientaciones soleadas. Esto define la forma en dientes de sierra de las fachadas (Figura 1). Los huecos, con este sistema, se orientan al Sur y al Este en una proporción del 89% de su superficie, lo que produce ganancias térmicas en invierno, un efecto de auto-sombreamiento en verano que reduce las cargas de refrigeración, y al mismo tiempo se asegura la iluminación natural. Se considera que la reducción en la carga de refrigeración del edificio conseguida mediante este procedimiento de diseño se cifra en torno a los 40 kWh/m² al año. Este cálculo se ha realizado mediante la comparativa entre dos hipótesis de edificios con idénticas situaciones, orientaciones, aislamientos y composición de la envolvente, pero uno con estos elementos en diente de sierra y otro sin ellos, totalmente liso.



Figura 1. Izquierda: El edificio marzo 2014. Derecha: Dientes de sierra en fachada para producir auto-sombreamiento.

- El aumento del aislamiento en la envolvente térmica por encima de los mínimos exigidos por la normativa ha sido otro elemento de gran importancia. Los coeficientes de aislamientos

utilizados, muy importantes, ($U=0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ en fachadas y $U=0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ en su cubierta vegetal) limitarán las pérdidas por transmisión y por tanto reducción de la demanda.

- La iluminación natural, además de tener efectos beneficiosos sobre la salud y el bienestar, reduce la demanda eléctrica de iluminación artificial. La decisión de realizar un edificio compacto se ha combinado con el aumento de la iluminación natural en los espacios interiores mediante el uso de lucernarios sobre los cuerpos de escaleras (Figura 2) y la colocación profusa de pozos de luz (Solatube, en total 27 unidades) (Figura 2). Los beneficios obtenidos por este sistema son excelentes: se trata de elementos estáticos, que utilizan simplemente el efecto del reflejo de la luz incidente, por lo que no requieren energía para su funcionamiento (Valbuena, González, 2013)[4] Según la simulación realizada, los 146,190 kWh anuales para iluminación que necesitaría el edificio de referencia (criterio ASHRAE), en el edificio LUCIA se reducen a 74,790 kWh (aproximadamente la mitad) gracias a estos dispositivos. (Figura 3)

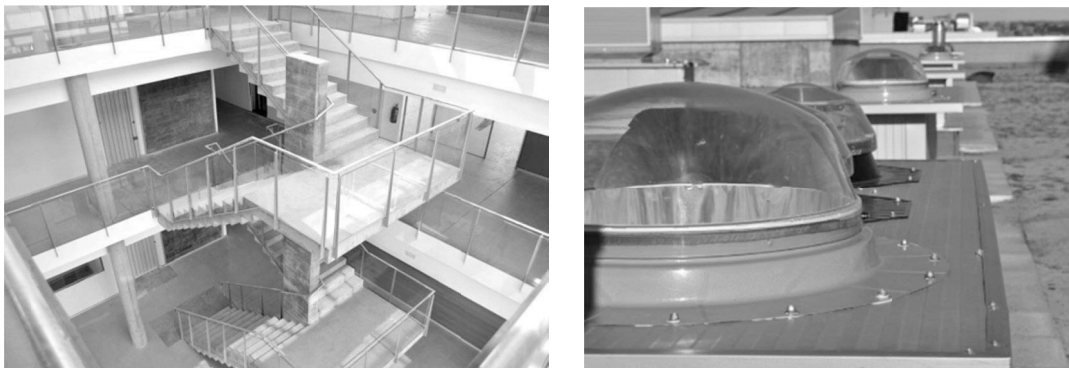
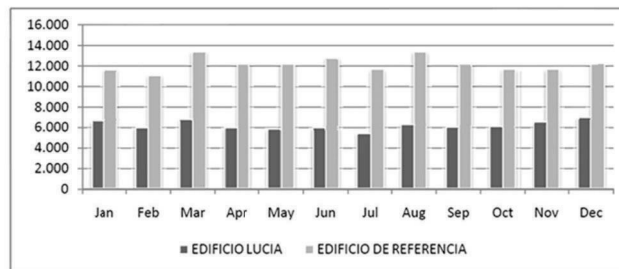


Figura 2. Izquierda: Iluminación cenital de cuerpos de escaleras. Derecha: Pozos de luz vistos desde la cubierta vegetal del edificio.

SISTEMAS DE ILUMINACIÓN (KWH)



ILUMINACIÓN	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
LUCIA (kWh)	6.640	5.990	6.810	5.960	5.800	5.980	5.420	6.330	6.040	6.070	6.480	6.980	74.490
REFERENCIA (kWh)	11.650	11.070	13.400	12.230	12.230	12.810	11.650	13.400	12.230	11.650	11.650	12.230	146.190

Figura 3. Consumo comparativo de iluminación artificial.

- Además de ello, se ha establecido el control y medidas de gestión en los sistemas y en las instalaciones. En iluminación se ha empleado un sistema de gestión en función de la ocupación y nivel de iluminación natural, con Instalación de winDIM2net, basado en software para control, sensores de presencia y sensores lumínicos en función de la iluminación exterior. En otras instalaciones y equipos (ascensores, elementos de iluminación, recuperadores de energía y calor, etc.) se ha considerado aquellas soluciones de mayor eficiencia energética.

DEMANDA ENERGÉTICA FINAL DEL EDIFICIO

Con todas estas estrategias se consiguen importantes reducciones en demandas de iluminación (61%), calefacción (90%) y refrigeración (41%), hasta obtener una demanda final para el edificio de 82 kWh/m² año [5] que incluye calefacción, refrigeración, ventilación, ACS, iluminación y electricidad, según la modelización realizada con el sistema DOE-2 mediante el programa E-Quest 3.64. Es de señalar cómo la ventilación exigida según registros del RITE es uno de los elementos de mayor dificultad para reducir demanda energética. Sin embargo, las condiciones climáticas propias de España y la colaboración de los usuarios podrían ser consideradas para la utilización de sistemas pasivos en esta área, tal como señalan los recientes estudios científicos. (Ward et al, 2012)[6], (Janda, 2011)[7]

Una vez reducida la demanda, toda la energía que se consume en el edificio, incluida la requerida por el equipamiento, se consigue mediante energías renovables que se describen a continuación. Un sistema de cogeneración a pequeña escala basada en gasificación de biomasa, junto con una máquina de absorción, cubre la mayor parte de las demandas eléctricas (100 kWe) y térmicas del edificio (180 kWt), lo que permite considerar negativas sus emisiones de CO₂.

USO DE ENERGÍAS RENOVABLES

Geotermia aplicada como apoyo al sistema de ventilación

Se ha combinado un recuperador entálpico en la unidad de tratamiento de aire, con un sistema de geotermia tierra-aire para el sistema de ventilación del edificio. Este sistema de apoyo consiste en la instalación de tubos geotérmicos que precalientan o enfrían el aire, según las estaciones, previamente a la entrada en el circuito (Figura 4). El equivalente energético de la aportación de este sistema es de 25,000 kWh. Se reduce con ello el consumo de energía eléctrica para acondicionar el aire interior, y se inicia el camino para la explotación de este sistema a mayor escala.

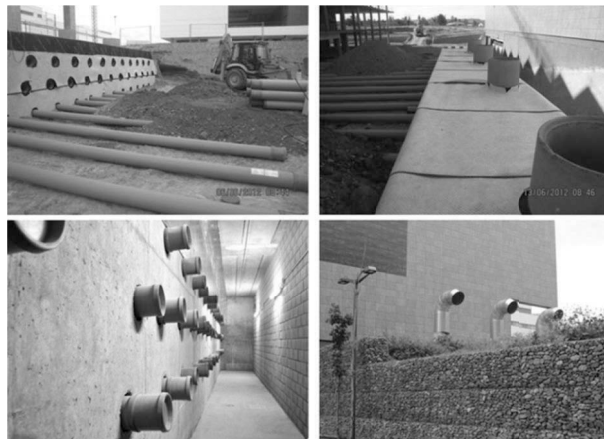


Figura 4. Construcción del sistema, cámara de recepción de los tubos, y la vista desde el exterior de tubos geotérmicos.

Integración arquitectónica de energía solar fotovoltaica

Se integra en el edificio la energía fotovoltaica en dos espacios idóneos permitiendo además filtrar la fuerte incidencia de luz natural al interior:

- Lucernarios sobre los cuerpos de escaleras. Donde los vidrios fotovoltaicos sombrean el interior.
- Muro tipo cortina de doble piel en la fachada Sur-este en espacios comunes de descanso (Figura 5 y 6), que permite sombrear estos espacios y generar una cámara ventilada durante las épocas de calor.
- La fachada de doble piel produce anualmente 5,000 kWh y los lucernarios 5,500 kWh, lo que supone un ahorro anual de 3.570 euros. Contribuyen al balance positivo de energías renovables del edificio e impulsan la investigación en esta materia. Para el posible sobrecalentamiento de la cámara se han estudiado soluciones específicas que pueden incluso reducir hasta 4°C la temperatura. [8]



Figura 5. Diversas vistas del muro fotovoltaico de doble piel.

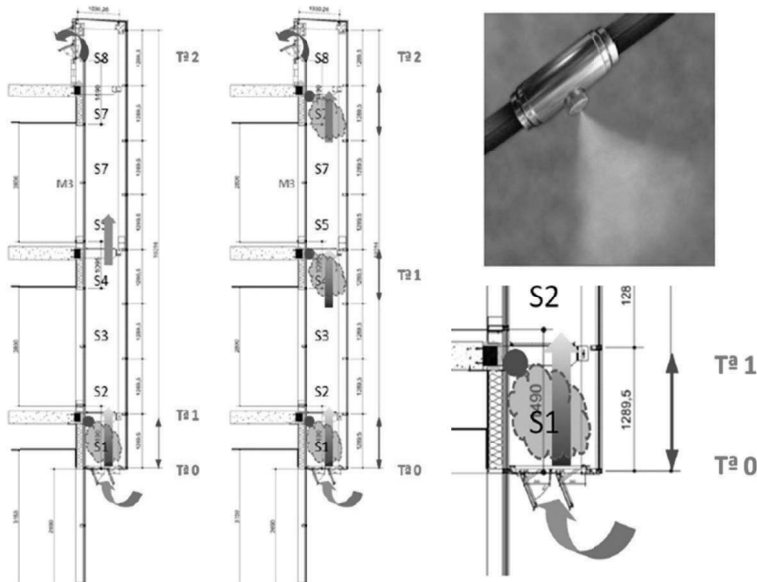


Figura 6. Sección del muro de doble piel fotovoltaica y soluciones.

Sistema de cogeneración con biomasa

En zona específica del edificio, se ha instalado el equipo de cogeneración de biomasa. De la descripción del sistema utilizado en el edificio LUCIA (Valbuena, Horrillo, 2013)[9] se resume lo siguiente:

Se ha optado por utilizar una tecnología desarrollada por la Fundación Cidaut para la cogeneración a pequeña escala basada en gasificación de biomasa. La tecnología implementada utiliza un reactor de gasificación de corrientes paralelas que transforma la astilla de madera en un gas combustible (gas pobre) que tras ser acondicionado es utilizado en motores de combustión interna alternativos para

cogenerar energía eléctrica y térmica. El sistema permite obtener 100 kW de energía eléctrica en los motores y más de 180 kW de energía térmica aprovechando el agua de refrigeración de los motores y la entalpía de sus gases de escape. La energía térmica se extrae del sistema en forma de agua a 90 °C lo cual es fundamental para la utilización eficiente de la máquina de absorción ubicada en el edificio. Los 100 kWe de potencia de generación eléctrica del sistema de cogeneración permiten cubrir las demandas anuales de electricidad, y los 180 kWt térmicos generados satisfacen en valor medio las necesidades térmicas al nivel térmico requerido por la máquina de absorción encargada de suministrar la refrigeración al edificio.

El sistema se encuentra conectado a la red eléctrica, posee una caldera de biomasa de apoyo y un disipador de calor que permiten adaptar el suministro energético a variaciones instantáneas de la demanda energética del edificio a lo largo de todo el año. Finalmente, para el edificio LUCIA en un consumo de astillas de biomasa para el autoabastecimiento energético de 135 kg/h.

Los aspectos destacados de este sistema:

- Por su elevado rendimiento eléctrico y su relación calor-electricidad la tecnología de gasificación de biomasa y aprovechamiento en motor de combustión interna alternativo a pequeña escala constituye una nueva oportunidad para el suministro energético eficiente mediante un recurso renovable en edificios del sector terciario.
- Por su tamaño y concepción, esta tecnología permite la distribución de los componentes que lo constituyen de forma adaptada a la disponibilidad de espacios en las salas de instalaciones de los edificios.
- En el edificio LUCIA se ha implementado una instalación que integra el sistema de cogeneración de biomasa desarrollado por Cidaut con elementos de apoyo en la generación, acumulación térmica y disipación para una adaptación eficaz de la generación energética a la demanda del edificio, que incluye una máquina de absorción.
- Al igual que el resto de elementos y sistemas que han sido instalados en el edificio LUCIA, este sistema será experimentado durante los próximos años para su adaptación máxima al diseño y la operación de este tipo de edificios. En este sentido la Universidad de Valladolid y la Fundación Cidaut han firmado el acuerdo "Investigación para la integración eficiente de tecnologías de gasificación de biomasa con objeto de cubrir las demandas térmicas y eléctricas de edificios del sector terciario dentro de un esquema de Edificios de Energía Casi Nula".

CONCLUSIÓN

El edificio LUCIA (Lanzadera Universitaria de Centros de Investigación Aplicada) destinado a laboratorios y centros de investigación, es referencia en eficiencia energética y arquitectura sostenible, incluidos sus aspectos sociales y económicos. Las evaluaciones y valoraciones realizadas sobre el edificio, certificadas por terceras partes, y las monitorizaciones que previsiblemente se realizarán durante su vida útil, ofrecen y ofrecerán datos relevantes y concretos que pueden arrojar luz y colaborar a la definición del "edificio cero energía" tal como señala la Directiva 2010/31/CE, en el campo de los programas terciarios.

En materia energética, en el edificio LUCIA se han desarrollado formas de diseño, estrategias bioclimáticas, técnicas constructivas y sistemas de producción que consiguen importantes reducciones en demandas de iluminación (61%), calefacción (90%) y refrigeración (41%), hasta obtener una demanda final para el edificio de 82 kWh/m² año que incluye calefacción, refrigeración, ventilación, ACS, iluminación y electricidad, según la modelización realizada con el sistema DOE-2 mediante el programa E-Quest 3.64. Finalmente, la demanda de energía, muy reducida, es suplida en su totalidad por energías renovables. Es propiamente un edificio de Cero Energía y edificio Cero CO₂, gracias a la coordinación y

coherencia entre el diseño bioclimático, los sistemas y tecnologías más eficientes y el uso de energías renovables con exclusividad.

Es pues un edificio que sirve de referencia para reducir la dependencia energética de los combustibles fósiles. Aprovecha la energía del terreno, la del sol que incide sobre el edificio, y la de un recurso local (la biomasa), tanto para la climatización en su totalidad como para la producción de la energía eléctrica necesaria para el edificio, e incluso exportar a otros edificios de la propio campus en forma de distrito.

Además de ello, en el edificio se investiga en usos y flexibilidad tipológica, en la preservación de otros recursos naturales como el agua, y en la reducción de otros impactos ambientales, aprovechando sistemas vegetales, y en general aplicando de criterios de sostenibilidad en la edificación, incluidos sus potenciales sociales y formativos.

El edificio ha sido financiado por la Junta de Castilla y León y Fondo Europeo de Desarrollo Regional 2010-2012.

REFERENCIAS

[1] VALBUENA, F. GONZÁLEZ, MJ Edificio de energía CERO: comenzando por la arquitectura. Caso práctico del edificio LUCIA de la Universidad de Valladolid. CONAMA12-
www.conama11.vsf.es/conama10/download/files

[2] VEGA INGENIERÍA- Modelización energética del edificio LUCIA de Valladolid- Noviembre 2013

[3] GONZÁLEZ DÍAZ, MJ. Evaluación del edificio LUCIA / Herramienta V.E.R.D.E (BGCE).

[4] VALBUENA, F. GONZÁLEZ, MJ -The complete eco-design as the first strategy to reach the zero CO2 building in Spain: The Lucia Building Case. Energy for Sustainability 2013- Sustainable cities. designing for people and the planet- Coimbra-Portugal. September 8-10.

[5] VEGA INGENIERÍA- Modelización energética del edificio LUCIA de Valladolid- Noviembre 2013.

[6] WARD J. K., WALL J.& PERFUMO C. (2012) Environmentally active buildings: the controls challenge, Architectural Science Review, 55:1, 26-34.

[7] JANDA K. B. (2011) Buildings don't use energy: people do, Architectural Science Review, 54:1, 15-22.

[8] ESTUDIO PICH-AGUILERA. Análisis del comportamiento del muro de doble piel fotovoltaica en el edificio LUCIA.

[9] VALBUENA, F, HORRILO, A. Sistema de cogeneración con astilla de biomasa instalado en el edificio LUCIA de la Universidad de Valladolid. Rev. El Instalador, ISSN 0210-4091, Nº 510, 2013, págs. 42-48.

EDIFICIO ZERO 2020. PROMOCIÓN PRIVADA DE 71 VIVIENDAS VPO EN PAMPLONA CON OBJETIVO DE ESTÁNDARES EECN

Javier Domeño, Construcciones Domeño

Emilio Linzoain, ATEC

Florencio Manteca, CENER

Sergio Diaz, CENER

Pedro Luis Calleja, ATEC

Resumen: Presentación del Proyecto de promoción privada de 71 viviendas en bloque VPO en Pamplona, edificio ZERO 2020 comprometido con los objetivos europeos de reducción del consumo energético, alcanzando una demanda teórica en calefacción de 15,8 kwh/m². Para conseguir estos estándares de edificio de energía casi nula se ha realizado un proyecto de I+D colaborativo entre promotor, arquitecto, ingeniería y asesores en eficiencia energética y eficiencia en el proceso constructivo. De esta forma mediante la realización de sucesivas simulaciones de sistemas y elementos constructivos se han optimizado las soluciones, basadas en criterios de eficiencia energética, medioambientales y de viabilidad económica.

Palabras Claves: Ahorro Energético Nivel Usuario, Coste, Demanda energía calefacción, Efectividad, I+D Colaborativo, Mercado EECN, Promoción EECN

INTRODUCCIÓN

Construcciones Domeño es una pyme familiar de Pamplona dedicada a la promoción y construcción de viviendas. Con la crisis que está viviendo el sector de la construcción tenía dos opciones, una apostar por un proyecto de un edificio de consumo casi nulo, la otra seguir esperando tiempos de bonanza económica y confiar que el stock de vivienda nueva que ya hay en la zona fuera vendiéndose y desapareciera. Contactaron con el Centro Nacional de Energías Renovables – CENER, a través del estudio ATEC Aparejadores que había llegado a un acuerdo de colaboración técnica con CENER para desarrollar proyectos de este tipo, y se decidieron a afrontar el reto de promover un edificio nZEB de VPO.



Figura 1. Edificio ZERO 2020.

El edificio ZERO 2020 está compuesto por 71 Viviendas de Protección oficial, Garajes y Trasteros, ubicado en Pamplona (Navarra). El bloque de viviendas constará de 2S + PB + 9.

OBJETIVO

El objetivo del presente artículo es analizar los diferentes retos económicos, técnicos y de comercialización a los que se enfrenta un promotor para realizar una promoción de viviendas de Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo. Además de reflexionar a modo de discusión, sobre la necesidad de mejorar la promoción de Edificios de consumo de energía casi nulo mediante propuestas realistas y posibilistas, con la finalidad de que los usuarios tomen conciencia de la necesidad de construir y vivir en edificios más eficientes.

RETOS PROMOCIÓN DE EDIFICIO ZERO 2020

Económicos

Al tratarse de viviendas protegidas, la obsesión del promotor ha sido evitar que se disparara el coste de ejecución con respecto de un edificio convencional que cumpliera estrictamente el Código Técnico. Para ello se ha optimizado la relación entre el Euro invertido y la reducción de la demanda de calefacción.

Por ello se hicieron simulaciones para comprobar costos en función del aislamiento térmico en fachadas, mejora los huecos de fachada reforzando los aislamientos en cajetones de persiana e incluir mejoras en el acristalamiento, justificaciones que analizaremos en su apartado técnico correspondiente.

Una vez se ha dispuesto de un proyecto totalmente definido y tras el estudio de costes e ingresos, teniendo en cuenta los parámetros de venta de vivienda de protección oficial, los costos por vivienda han aumentado respecto a promociones de referencia ejecutadas, en aproximadamente 4.000 € o lo que es lo mismo un aumento entorno al 5%. Asumidos estos parámetros iniciales se comienza el proceso de comercialización.

P. VENTA (100%) = VALOR DE SUELO (17,5 % valor del módulo VPO) + P.E.C. (50% valor del módulo VPO) + GASTOS DE PROMOCION (22,5% Comercialización, licencias, Proyectos, Financiación, etc.) + BENEFICIO PROMOTOR (10%).

Técnicos

El primer reto técnico encontrado es la indefinición de Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo, y la necesidad de contar con técnicos especialistas en asesoría energética para orientar al promotor sobre el camino hacia el Edificio Energía Casi Nulo según Directiva 2010/31/UE de eficiencia energética en los edificios.

Para solventar estos retos técnicos se realizó una estrecha colaboración entre equipo redactor de proyecto TABUENCA y SARALEGUI arquitectos, NAVEN ingeniería, asesoría técnica por parte de ATEC Aparejadores y CENER como asesores energéticos, para establecer mejoras a soluciones constructivas y a los sistemas previstos en proyecto inicial, mediante estudio de costes efectivos desde el punto de vista energético y económico. Para ello se han realizado diferentes simulaciones energéticas con DESIGN BUIDER (ENERGY PLUS V.70), CALENER VYP, consultas técnicas a proveedores, además de manera complementaria se realizarán una vez comenzada la obra visitas de supervisión de ejecución de los trabajos dentro de un control integrado de todo el proceso constructivo.

Dada la situación de Pamplona y sus características climatológicas, se valoró como principal indicador las necesidades de calefacción anual específicas (kWh/m² año).

Variación de la demanda de calefacción con el espesor de aislamiento de muro exterior

Se parte del dato de proyecto: 15 cm de lana mineral, con una transmitancia térmica del cerramiento de 0.19 W/m²K. Las necesidades de calefacción del edificio en estas condiciones son de 35,42 kWh/m² año. En la gráfica se aprecia la variación de este indicador con los saltos de 3 cm en el espesor del aislamiento.

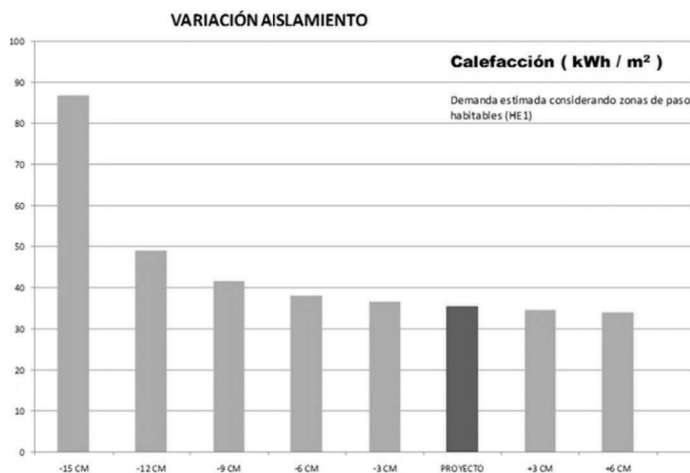


Figura 2. Variación de la demanda de calefacción con el espesor de aislamiento de muro exterior.

Se demuestra que a partir de 12 cm de aislamiento en muros exteriores, la relación del ahorro en calefacción con el coste de material y la reducción del espacio útil de vivienda, no parece razonable. Se adopta como espesor de aislamiento 12 cm (el aumento de la eficiencia energética del edificio con el recuperador de calor que expondremos a continuación, permite rebajar el aislamiento térmico del muro de 15 a 12 de lana de roca sin sobrepasar los 20 KWh/m2 año)

Variación de la demanda de calefacción con calidades de marcos y vidrios en huecos

Partiendo de un vidrio de $U=1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ y un marco de $U=2.2 \text{ W/m}^2\text{K}$, se plantean tres combinaciones: mejora del aislamiento de marco ($U=1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$), vidrio bajo emisivo ($U=1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$), y la combinación de ambos. El ahorro obtenido con el cambio de vidrios y marcos es considerable, el coste económico también es determinante, siendo necesaria la mejora para obtener los objetivos fijados.

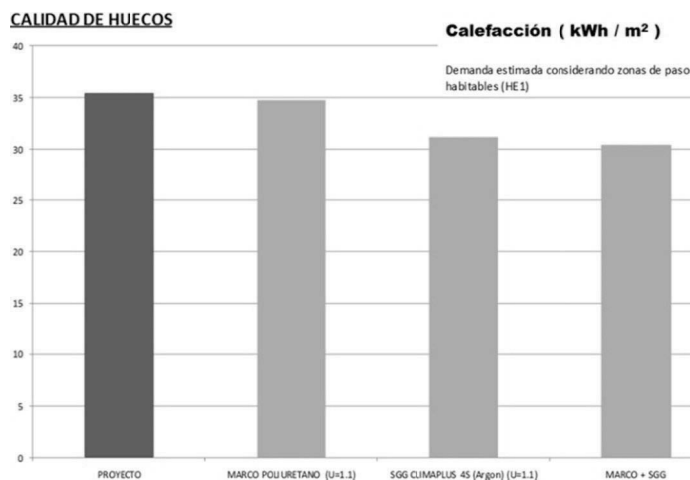


Figura 3. Variación de la demanda de calefacción con calidades de marcos y vidrios en huecos.

Se opta por vidrio bajo emisivo con factor solar 0,62 en toda la fachada tipo 6-16-4 Neutral (El bajo FS, hace que su inclusión en fachada N, suba la demanda a 20.3 kWh/m2 año; sustituyendo fachadas S/N y O pasaría a 22.4 kWh/m2 año)

Variación de la demanda de calefacción con la reducción de infiltraciones y la instalación de recuperadores de calor

La primera variación con respecto de proyecto es la reducción de infiltraciones (eliminación de cajas de persiana y atención a las conducciones eléctricas y campana extractora), condición previa a la

instalación de sistemas de recuperación de calor. A continuación se simula el efecto de un recuperador de 70% de eficiencia.

Dados los altos caudales de ventilación conforme normativa (CTE-HS3), la medida coste-efectiva más razonable es la instalación de un sistema de doble flujo con recuperación de calor. En el proyecto actual ya existe una mejora con respecto del caso base, dado que se prevé la instalación de un sistema de regulación termohigrométrica con gestión centralizada, donde las rejillas estrechan la sección de paso cuando aumenta la humedad. Este hecho, según DIT del sistema, reduce el caudal de ventilación de 0.89 rev/h (HS3) a 0.7 rev/h. La recuperación de calor en DESIGN BUILDER se tiene en cuenta conforme modelo de simulación de ENERGY PLUS. En LIDER y CALENER esta opción no es posible, de modo que el ahorro solo puede reflejarse mediante una reducción del caudal de ventilación 0.2-0.3 rev/h.

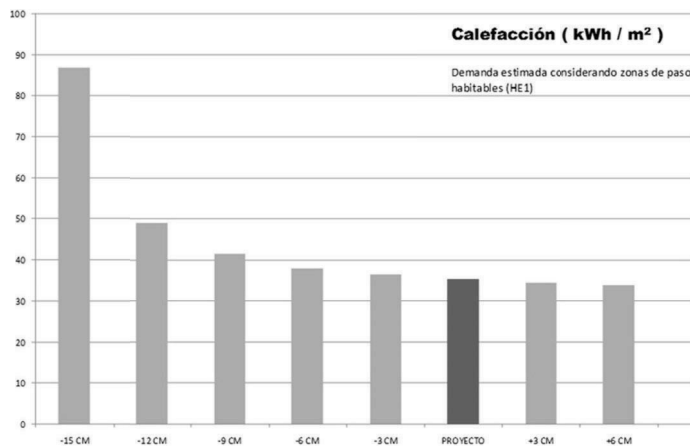


Figura 4. Variación demanda de calefacción con la reducción de infiltraciones y la instalación de recuperadores calor.

Posterior a la realización de una batería de simulaciones se obtiene el valor de 0,2 ren/hora (a priori, la colocación de un recuperador con una eficiencia superior al 75%, permitiría rebajar a 0,2 las renovaciones de CALENER VYP).

Variaciones de la demanda de calefacción con modificación de sistemas de producción de calor

- Se realizan diferentes estudios:
- Instalación de un sistema de producción de calor centralizado modulable.
- Sistema de bombas de calor individuales + producción comunitaria de electricidad con placas FV (escenario de balance neto en autopromoción).

Ambas propuestas no son aceptadas por el alto coste de inversión inicial.

Variación de la demanda de calefacción con el porcentaje de cobertura solar inicial para ACS

Finalmente y después de haber optimizado las soluciones en función de los apartados anteriores, se demuestra que bajar la cobertura solar inicial para ACS propuesta del 60 % al 31% mínimo exigido por CTE-HE4 no varía significativamente la certificación final obtenida y el ahorro económico puede destinarse a otras partidas para la mejora de la eficiencia energética.

Comercialización

Una vez se ha tenido claro la hoja de ruta, la comercialización se comenzó con cuñas en radio y anuncios en periódicos locales. Los primeros interesados en el edificio son aquellos que están sensibilizados con el ahorro energético y que estaban esperando este tipo de edificio, en ocasiones conocen mejor el tema que los propios comerciales de la promotora.

Según indican los interesados que acuden a las oficinas del promotor intuyen que se trata de una inversión de futuro. En primera instancia los interesados no entienden las justificaciones técnicas, sin embargo una vez se expresa el ahorro en calefacción la expresión pasa a ser de incredulidad. De esta forma la preparación de comerciales para exponer el edificio de manera comercial, es muy importante, puesto que los usuarios o posibles compradores no alcanzan a comprender la documentación técnica que se les facilita, para ello toda la labor comercial se apoya en gráficos y esquemas de funcionamiento, imprescindibles para su comprensión. La apuesta de este edificio en su comercialización es la eficiencia energética, pero evaluada desde el punto de vista del máximo confort de usuario (suelos radiante, recuperador de calor, sellado de infiltraciones, mejoras aislamientos, envolventes, etc.), y su menor coste económico en facturas de consumo energético de la vivienda, justificando de cuadro de estimación de consumos que adjuntamos:

ESTIMACIÓN CONSUMOS EDIFICIO ZERO 2020														
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Tª ACS		60 ºC												
Cosumo / persona (DB-HE4; viv bloque)		28 l/p												
Nº personas (DB-HE4; 3 hab)		4 p												
Rendimiento		80% Teniendo en cuenta rendimiento de caldera y pérdidas en distribución												
Superficie vivienda (m2)		90 m2												
Corr Cobertura ACS (%)		20%												
Coste estimado (€/kWh)		0,06 €/kWh												
CALEF:														
Demanda (kWh/m2)		3,89	2,57	2,13	0,95	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	2,12	3,80	15,80 kWh/m2
Demanda (kWh)		350,55	230,97	191,77	85,25	14,65	0,00	0,00	0,00	0,00	16,12	190,67	342,02	1422,00 kWh
Estimación Energía Calef (kWh)		438,18	288,71	239,71	106,56	18,32	0,00	0,00	0,00	0,00	20,15	238,34	427,52	1777,50 kWh
ACS														
Tª Agua Red (ºC)		5,00	6,00	8,00	10,00	11,00	12,00	13,00	12,00	11,00	10,00	8,00	5,00	
Días/mes		31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	
Demanda ACS (kWh)		221,73	196,63	209,63	195,07	197,54	187,26	189,47	193,51	191,17	201,57	202,87	221,73	2408,16 kWh
Cobertura Inst Proyectada (%) (DB-HE4)		33%	59%	58%	61%	67%	74%	81%	81%	72%	56%	40%	29%	
Demanda Caldera ACS (kWh)		177,01	97,65	106,28	91,17	78,19	57,43	43,04	44,04	63,24	106,83	146,40	188,83	1200,11 kWh
Estimación Energía ACS (kWh)		221,26	122,06	132,85	113,96	97,73	71,79	53,80	55,06	79,05	133,53	183,00	236,04	1500,13 kWh
Estimación Energía (kWh)		659,44	410,77	372,57	220,52	116,05	71,79	53,80	55,06	79,05	153,69	421,34	663,56	3277,63 kWh
Estimación Coste Variable (€)		39,57	24,65	22,35	13,23	6,96	4,31	3,23	3,30	4,74	9,22	25,28	39,81	196,66 €

Figura 5. Cuadro de estimación de consumos.

La experiencia como promotores nos hace pensar en los usuarios y en sus demandas como punto de partida para la elección de diferentes propuestas técnicas. De esta manera como promotores se podría realizar un edificio de una alta eficiencia energética, pero si no conseguimos que el cliente lo entienda, la comercialización y el proyecto podrían llegar a carecer de viabilidad.

SOLUCIONES TÉCNICAS ADOPTADAS

Calefacción por suelo Radiante Bi-zona

Mejora ahorro de 30% sobre una climatización estándar, al funcionar a 60º. Sistema domótico programable bizona con zona de día y noche, optimización de consumo energético. Mejora de confort de la vivienda y capacidad de distribución de la misma.

Caldera de Condensación Centralizada de Alta Eficiencia

La caldera de condensación tiene un alto rendimiento y bajas emisiones de CO2. Rendimientos estacionales de hasta 109% frente al 80% de las calderas estándar, se trata de calderas más eficientes al aprovechar el calor latente al condensar el vapor de agua de los humos, con lo que se consigue, además, mejorar el aprovechamiento de la energía, esto es, reducir el consumo de combustible utilizado y la emisión de sustancias nocivas. Consideramos que las calderas de condensación van a trabajar a baja temperatura (suelo radiante), se aumenta el rendimiento nominal de las mismas desde el 95% actual hasta el 105%.

Placas Solares

Utilización de energías renovables para apoyo de producción de agua caliente Sanitaria.

Recuperador de Calor

Sistema de ventilación que transmite la temperatura del aire saliente al aire entrante, creando una ventilación cálida permanente, haciendo a su vez función de filtro purificador de aire. Incorporación de By-Pass, para refrescamiento en verano, se suprimen los intercambios durante las noches frescas con el fin de aprovechar la frescura nocturna. Se restablecen durante el día con el fin de conservar la frescura interior.

Sistema de Aislamiento envolvente Reforzado

- **Aislante térmico Fachada:** Piedra Natural en fachada y aislamiento térmico de 12 cm espesor de lana mineral.
- **Carpintería Exterior:** Carpintería de PVC garantizando altos valores de aislamiento térmico y acústico, se incorpora en fachada sur sistema de sombreado controlado.
- **Cajón de Persiana:** Sistema de aislamiento complementario en el cajón de persiana, mejoras en aislamiento térmico y acústico, además de reducción de infiltraciones.
- **Vidrios Climáticos:** Vidrios bajo emisivos ($U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$) en todas las fachadas.
- **Aislamiento añadido, suelo y techo de la vivienda:** Aislamiento en techo de viviendas de todas las estancias y capa aislante en suelo correspondiente con suelo radiante.
- **Infiltraciones:** Tratamiento completo de las infiltraciones en vivienda, patinillos, instalaciones, tabiquería, carpintería exterior.

Manual de uso eficiente del edificio

Además del manual de uso y mantenimiento obligatorio a la entrega del edificio. La promotora entregará un manual de uso eficiente del edificio donde se tratará gráficamente el uso responsable de edificio para conseguir ahorro y eficiencia energética, siendo la forma de uso de la vivienda uno de los factores de ahorro energético más importantes.

PROPUESTAS DE MEJORA PARA PROMOCIÓN DE EECN

Calificación Energética A+

Diferenciación entre diferentes tipos de calificación energética A de los edificios, entendemos que la demanda de Calefacción debiera cobrar mayor protagonismo como referencia de calificación, además de distinguir el esfuerzo de Calificaciones Energéticas Altas como es este caso. De esta forma el producto quedaría diferenciado.

Plan PIVE para viviendas de Clase A+

Así como existen ayudas para los compradores de coches más eficientes y ayudas para rehabilitación de viviendas ya existentes para mejorar la eficiencia energética, debería haber también algún incentivo a las personas que se deciden a comprar este tipo de viviendas frente a las convencionales.

Campaña de información

Es necesario que llegue al ciudadano de a pie la información y concienciación de este producto para que se convenza de que no solo estas viviendas les ayudan a ahorrar sino que es una apuesta de futuro.

El mayor escollo que encuentra el comprador de vivienda es sin duda la financiación. Sería un aldabonazo definitivo intentar involucrar a las entidades financieras a que apuesten y dulcifiquen las condiciones a la hora de conceder un préstamo hipotecario para estas viviendas.

La finalidad de la construcción de los edificios es la satisfacción del usuario, nunca debiera ser el mero cumplimiento de la normativa establecida, por lo tanto se debe tener en cuenta el feed back que nos está dejando la aplicación del CTE en viviendas y el fracaso con el compromiso de realizar espacios de confort habitables en determinadas casuísticas, que previo al CTE no existía, derivados en su mayoría de la instalación de la ventilación mecánica controlada.

Modelos de edificio sobre los que normalizar

Edificios como este debieran ser referencia normativa, justificación mediante monitorización de los compromisos establecidos en proyecto, quedando probada la eficiencia, de manera ejemplar, realista y posibilista, y sirviendo para nuevos modelos.

CONCLUSIONES

Se realiza análisis del registro de certificaciones energéticas de edificios del Gobierno de Navarra, accesible a través de su página web. El distintivo del certificado resume los datos analizados por los programas de certificación en dos campos.

- Consumo de Energía Anual (Kwh/m2año)
- Emisiones de CO2 (Kg CO2/m2 año)

De modo que no hay referencia explícita de la demanda de calefacción (caracterizando la calidad de la envolvente térmica) ni de refrigeración. Por consumos de energía anual se entienden los conceptos: Calefacción, Refrigeración y ACS. Estando fuera de esta contabilidad el consumo en iluminación y demás electrodomésticos de la vivienda.

Después de un análisis de los proyectos y edificios residenciales calificados en el registro navarro se obtiene el siguiente dato de 65.4 Kwh/m2año como la media de ENERGIA CONSUMIDA en los edificios residenciales tipo A. El valor obtenido por EDIFICIO ZERO 2020 es de 27,8 Kwh/m2año, un 57% inferior a la Media de certificaciones A en Navarra.

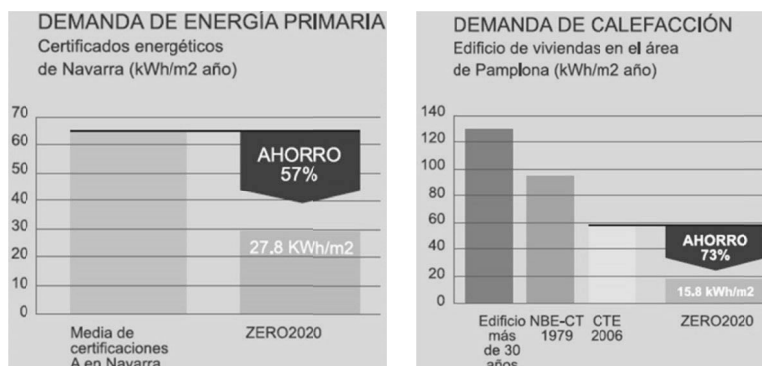


Figura 6. Demanda de energía primaria y Demanda de Calefacción.

La demanda de calefacción (calidad de envolvente) es de 15,8 Kwh/m2año, un 73% inferior al valor de referencia para nueva vivienda en Pamplona según TABLA 1.3 de CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS (fuente MINETUR 2013). En definitiva, creemos en los edificios de consumo casi nulo y sabemos que la sociedad también. La promoción que nos ocupa en condiciones normales estaría abocada a la espera de tiempos mejores y a día de hoy con este proyecto ilusionante después de tres meses de comercialización se ha vendido el 60% y ya se ha comenzado la ejecución en marzo de 2014.

EJEMPLO DE HIBRIDACIÓN Y DATOS REALES DE CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIO RESIDENCIAL.

Juan Manuel Escalante, Arquitecto, Escalante arquitectos
Domingo González Arias, Ingeniero Técnico Industrial, Saunier Duval
Adrian Talpeanu, Ingeniero, ISB Sol

Resumen: El edificio residencial se ha proyectado con los más estrictos criterios de sostenibilidad para ser EECN, con el objetivo de reducir al mínimo la dependencia de energías convencionales. Para ello se ha optado por un híbrido como sistema, con la aportación mayoritaria de energía procedente de fuente renovable tipo geotermia y aerotermia; la primera es considerada como la más segura en cuanto al suministro de energía y además el aprovechamiento es continuo los 365 días del año. El tipo de geotermia es a muy baja temperatura combinando con bomba de calor agua/agua y una instalación interior por suelo radiante por agua. Los resultados corroboran que se ha conseguido la máxima rentabilidad para el usuario y el mínimo gasto dedicado a energía. Para ello, se ha analizado el costo de inversión respecto a la vida de los equipos y ciclo de vida del edificio.

Palabras Claves: Aerotermia, Fuente Renovable, Geotermia, Sostenibilidad

INTRODUCCIÓN

Hemos tenido la oportunidad de realizar este proyecto con el beneplácito del usuario que nos ha permitido comprobar los diferentes consumos reales de energía. De ésta forma, y contrastando los datos de cálculo, alcanzamos el objetivo perseguido, quedando éste incluso mejorado.

También se ha dado especial énfasis a conjugar el diseño, la calidad de materiales y habitabilidad con la tecnología de los equipos y el sistema de instalación, hasta alcanzar el nivel de confort y bienestar térmico más exigente, con la máxima higiene y seguridad.

Se ha buscado el equilibrio más rentable entre el costo de inversión en la edificación en relación a la demanda de energía y el costo de inversión de las instalaciones, obteniendo un buen rendimiento estacional respecto a energía primaria. Se pretende que el periodo de amortización de la inversión efectuada en alta eficiencia energética no supera 1/3 de la vida útil de los equipos, recomendando siempre un uso racional.

EL PROYECTO

El edificio está situado en la zona climática D3 en la localidad de Pozuelo de Alarcón (Madrid). Dispone de una superficie construida de 1300 m² con una superficie útil de 1100 m², de las cuales se han climatizado 832 m² más dos piscinas una interior y otra exterior.



Figura 1. Edificio estudiado en Pozuelo de Alarcón.

El proyecto se realizó en el 2009 y se empezó a habitar a final del primer trimestre del 2012, por lo que a esta fecha ya disponemos de los consumos reales de dos periodos completos.

Uno de los aspectos importantes que se ha tenido en cuenta es la recuperación y aprovechamiento de la energía residual, la arquitectura pasiva, así como dar un tratamiento particularizado energéticamente con control y regulación inteligente a cada local o zona. También se ha tenido en cuenta que trabaje el equipo más apropiado en función del servicio y tipo de energía calorífica transferida (calor sensible o latente), siempre desde la perspectiva de la eficiencia energética.



Figura 2. Recuperación y aprovechamiento de la energía.

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN. MATERIALES Y SISTEMAS EMPLEADOS

El sistema híbrido empleado está compuesto por los siguientes elementos:

Geotermia somera vertical con 675 m. repartidos en 6 perforaciones y bomba de calor agua/agua de potencia 30,5 kW. Los rendimientos instantáneos establecidos son: 4,56/4,93 COP y EER respectivamente, para climatización en calor sensible.

Aerotermia con bomba de calor aire/agua SD de potencia 9,24/8 kW y rendimientos 2,97/2,5 COP y EER respectivamente. Se utilizará para la disipación de humedad ambiente.

Ventilación inteligente SIBER modulante con control de demanda en función del uso, con recuperación de energía sensible rendimiento del 90 %, intercambiador tierra aire (también llamado “pozo Canadiense”).



Figura 3. By-pass y free-cooling.

Dispone de by-pass, free-cooling, filtros categoría F8 en impulsión y G4 para el aire de expulsión.

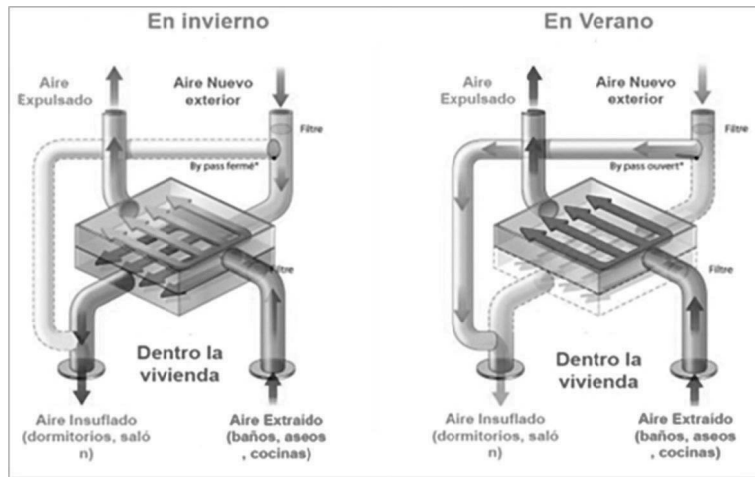


Figura 4. Ventilación.

Se diseña para que la carga por ventilación sea cero, la única energía consumida será la del motor con un SFP de 0,45 W/m³ y hora. Caudal de aire: 2500/250 m³ máximo y mínimo respectivamente en vivienda y 600 m³ en piscina interior.

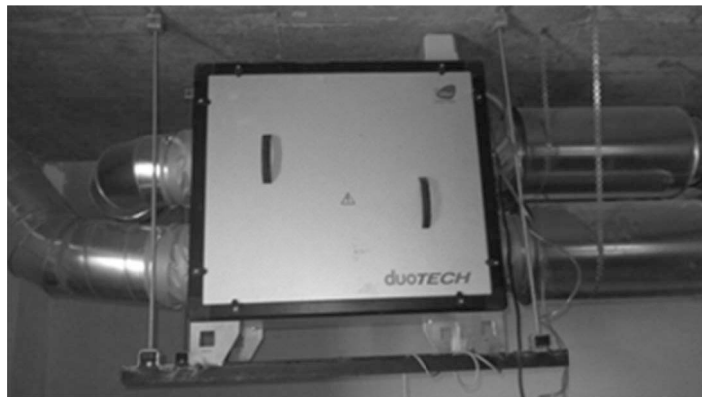


Figura 5. Caldera.

Caldera de condensación autoadaptativa Saunier Duval, Themafast Condens F 25, de 25,5 kW y rendimiento máximo de 108,4 respecto al PCI. Se destina para la producción de ACS por acumulación como apoyo a la BC agua/agua.

Emisión/adsorción de calor por suelo radiante con agua a baja temperatura tipo SD, con regulación de temperatura ambiente, de impulsión de agua y de superficie seguridad de anticondensación, por local o zona. Control de regulación de humedad relativa ambiente.

RESULTADOS

Cuadro resumen resultados del cálculo proyecto y curva de calefacción (sin contar con la recuperación de energía de ventilación por intercambiador y "Pozo Canadiense").

Temperat. exterior [°C]	Número de horas	DEMANDA Energía útil			CONSUMO Bomba de calor agua/agua		Consumo Apoyo calefacción Anual [kWh/año]	Total consumo E.Primaria Anual [kWh/año]
		Total heating demanda [kWh/año]	Carga cubierta por Bomba de C [kW]	DEMANDA CUBIERTA Bomba C. Anual [kWh/año]	Consumo Bomba C. E. Final Anual [kWh/año]	Consumo Bomba C E. Primaria Anual [kWh/año]		
-4	0	0,00	23,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-3	0	0,00	22,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-2	0	0,00	21,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-1	1	20,10	20,10	20,10	4,76	11,72	0,00	11,72
0	3	56,70	18,90	56,70	13,36	32,87	0,00	32,87
1	17	300,90	17,70	300,90	70,52	173,54	0,00	173,54
2	76	1254,00	16,50	1254,00	292,37	719,53	0,00	719,53
3	221	3381,30	15,30	3381,30	786,05	1934,48	0,00	1934,48
4	293	4160,60	14,20	4160,60	964,40	2373,39	0,00	2373,39
5	363	4719,00	13,00	4719,00	1090,66	2684,12	0,00	2684,12
6	362	4271,60	11,80	4271,60	984,40	2422,61	0,00	2422,61
7	489	5183,40	10,60	5183,40	1191,08	2931,25	0,00	2931,25
8	513	4822,20	9,40	4822,20	1111,76	2736,04	0,00	2736,04
9	484	3968,80	8,20	3968,80	918,05	2259,32	0,00	2259,32
10	426	3024,60	7,10	3024,60	701,98	1727,56	0,00	1727,56
11	378	2230,20	5,90	2230,20	525,85	1294,12	0,00	1294,12
12	306	1438,20	4,70	1438,20	344,60	848,06	0,00	848,06
13	251	878,50	3,50	878,50	213,96	526,55	0,00	526,55
14	212	487,60	2,30	487,60	120,74	297,15	0,00	297,15
15	173	190,30	1,10	190,30	47,93	117,94	0,00	117,94
	4568	40388		40388,00	9382,47	23090,26	0,00	23090,26
								1,75(*)
								4,30(**)

Porcentaje de cobertura de la demanda anual por BC	100,0%
--	--------

Figura 6. Resultados. *= Rendimiento respecto a energía primaria en calefacción. **= Rendimiento estacional HSPF de la Bomba de Calor en calefacción

Tabla resumen de resultados reales medios:

Concepto	Datos de calefacción	Datos de refrigeración	Datos de ACS	Datos Totales
Carga (kW)	48,667	14,19		
Demanda prevista E. útil (kWh/año)	40.388,00	10.023,5		
Demanda real de E. útil (kWh/año)	27.508,27	5.342,52	1.757,7	52.169,92
Ratio demanda E. útil (kWh/m2 año)	33,06	6,42	2,11	62,70
Recuperación E. del "Pozo Canadiense" kWh/año periodo calef.	12.879,73	4.680,97		
Rendimiento estacional Bomba Calor (HSPF/CSPF)	4,3	4,81		
Rendimiento estacional caldera gas (PCI/PCS)			105%/94,5%	
Consumo real E. final (kWh/año)	6.397,27	1.110,71	1860,00	
Consumo E. final de ventilación y pozo C. (kWh/año)	3.083,4	2829,6,0	-	
Consumo de E. final total (kWh/año)	9.480,67	3.940,31	1860,00	15.280,98
Ratio consumo E. final (kWh/m2 año)	11,39	4,74	2,24	18,37
Consumo real E. primaria (kWh/año)	23.331,93	9.697,10	1.953,0	34.982,03
Ratio consumo E. primaria (kWh/m2 año)	28,04	11,65	2,35	42,04
Rendimiento estacional respecto a E. primaria	1,73	1,03	0,9	1,49

Figura 7. Resumen de resultados reales medios. Nota: Coeficientes de paso Kg CO2 sobre E. final y coeficientes de paso sobre kWh E. final, según propuesta de documento reconocido versión 11/07/2013

RESULTADOS DE LAS EMISIONES TOTALES DE CO2

Las emisiones de CO2 totales al año son: 5.734,41 Kg/año

Ratio por m2: de 6,867 kg CO2/m2 año (incluido calefacción, refrigeración, ventilación, producción de agua caliente sanitaria y otros servicios mediante la recuperación de energía).

Los ratios obtenidos por m2 y año, del consumo de energía final y primaria, así como el de emisiones de CO2, justifican que el edificio es de consumo de energía “casi nulo”.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos son muchísimo mejores que el límite exigido por la Directiva Europea para EECN, por lo que estamos realmente satisfechos, especialmente el usuario.

Seguidamente hacemos un comparativo del edificio EECN descrito, con otros dos similares en características constructivas y con los sistemas siguientes: uno de referencia anterior CTE con gasóleo y climatización estándar, y el otro con instalaciones de alta eficiencia con caldera de gas autoadaptativa CONDENS, bomba de calor aire/agua y suelo radiante para climatizar.

Instalación	Consumo de energía primaria (kWh/año)	% de Energía primaria kWh/Año	Emisión de KgCO2/añ	% de Emisión CO2/año	Costo combust. €/año	% costo Combust
Caldera de gasóleo para ACS y calefacción. Refrigeración por conductos.	210.140,2	100 %	45.808,1	100 %	15.465,9	100 %
Caldera mixta a gas Condens Autoadaptativa						
Bomba de calor (aeroterminia) aire/agua con regulación Examaster (HÍBRIDO)	97.713,8	46,5 %	16.871,1	36,83%	8.361,6	54,06 %
Edificio EECN del estudio	15.280,98	7,27 %	5.734,41	12,52 %	3.547,9	22,94 %

Figura 8. Comparación con otros dos edificios EECN similares.

RECONOCIMIENTOS

Ha colaborado en el estudio, montaje, suministro y puesta en servicio de la instalación de ventilación, recuperador e intercambiador tierra/aire (también llamado “pozo Canadiense”), Santiago Pascual de la empresa SIBER ventilación inteligente.

EL EDIFICIO CIRCE II: DEMOSTRADOR DE EFICIENCIA EN EL MARCO DEL PROYECTO NEED4B

María Izquierdo Sanz, Gestora proyectos Unidad Internacionalización y Promoción, CIRCE
Alfonso Aranda Usón, Director del Área de Eficiencia Energética, CIRCE
Ignacio Zabalza Bribián, Director del Grupo de Edificación Sostenible, CIRCE
Jorge Guillén Ferrer, Ingeniero especialista en Eficiencia Energética, IDOM
Antonio Lorén Collado, Arquitecto co-autor del Proyecto, IDOM-ACXT
Ana Morón Hernández, Arquitecto co-autor del Proyecto, IDOM-ACXT
Antonio Villanueva Peñalver, Ingeniero especialista en Eficiencia Energética, IDOM-ACXT
Elena Calvo Gallardo, Directora de la Unidad de Internacionalización y Promoción, CIRCE
Andrés Llombart Estopiñán, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Zaragoza
Jose Angel Ruiz Gonzalez, Arquitecto co-autor del proyecto, IDOM-ACXT
Olatz Mestre Rosales, Arquitecta co-autora del proyecto, IDOM-ACXT

Resumen: En el año 2020 la nueva Directiva Europea 2010/31/UE de 19 de Mayo de 2010 relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios obligará a todos los edificios de nueva construcción a tener un consumo energético cercano a cero. La Comisión Europea ha financiado una serie de proyectos como ejemplo de buenas prácticas y, dentro del proyecto NEED4B, financiado a través del VII Programa Marco, el edificio CIRCE II va a ser un demostrador en el que se va a poder observar el funcionamiento de soluciones novedosas que permiten alcanzar los objetivos planteados. En este artículo se presentan las condiciones de partida para el diseño del edificio y las soluciones finales adoptadas con sus consumos asociados, que, de manera simulada, demuestran que el consumo de los edificios destinados a oficinas en un clima mediterráneo puede tener consumos por debajo de los requeridos a un coste de inversión muy razonable.

Palabras Claves: ACCV, ACV, BIM, Edificación Sostenible, Edificios de Consumo Energético Casi Nulo, Eficiencia Energética, IPD

INTRODUCCIÓN

El proyecto de construcción del edificio CIRCE II se enmarca en el marco de la estrategia europea de desarrollo sostenible y el Programa de Recuperación Económica de la Unión Europea, que pretenden reactivar el crecimiento y crear empleo en el sector de la construcción. En concreto, forma parte del proyecto europeo "NEED4B - New Energy Efficient Demonstration for Buildings", un consorcio formado por 16 organizaciones de toda Europa y financiado por la Comisión Europea a través del VII Programa Marco de I+D.

El programa NEED4B plantea la investigación, desarrollo y construcción sobre 5 tipologías diferentes de edificios, en lugares geográficos diversos, con soluciones energéticas adaptadas a cada medio. Dichas soluciones permitirán investigar y demostrar la capacidad para implementar soluciones arquitectónicas energéticamente eficientes, respetuosas con el lugar, con el usuario y con el medioambiente.

La propuesta arquitectónica se ha desarrollado desde la estrategia de incorporar los potenciales energéticos del lugar con carácter previo al diseño definitivo del edificio. El equipo de técnicos de Idom ha estudiado el edificio; su planteamiento funcional, su resolución constructiva y su integración técnica como un conjunto integral encaminado al equilibrio energético del modelo de demostración. Es un objetivo del proyecto configurarse como una plataforma para la investigación e implantación de futuras propuestas de eficiencia energética.

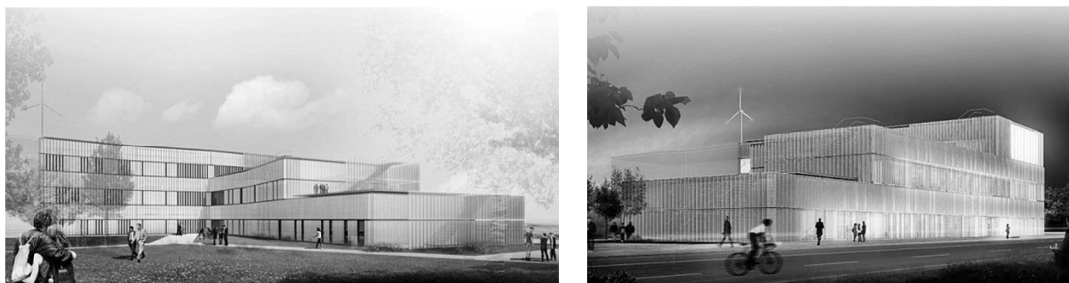


Figura 1. Edificio Circe.

NEED4B contempla la construcción de 5 edificios "demostradores" con consumos energéticos muy reducidos, uno de los cuales es el edificio CIRCE II. Los demostradores servirán a la Comisión Europea como ejemplo de buenas prácticas en el sector de la construcción con vistas a la implantación de la nueva directiva europea 2010/31/UE de 19 de Mayo de 2010 relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios, que exigirá que los edificios de nueva construcción en Europa tengan un consumo de energía cercano a cero a partir de 2020.

En este artículo se presentan las condiciones de partida para el diseño del edificio y las soluciones finales adoptadas con los consumos asociados. En estos momentos los resultados que se muestran son los simulados, desde principios de 2016, el edificio será monitorizado y el funcionamiento de cada uno de los sistemas será supervisado para contrastar las mencionadas simulaciones y la bondad de las soluciones adoptadas.

EL PROYECTO DEL EDIFICIO CIRCE II

Para poder cumplir el requisito imprescindible de construir un edificio de muy bajo consumo energético (inferior a 60 kWh/m² por año), en CIRCE II se prevé la integración de soluciones y tecnologías innovadoras de eficiencia energética, asegurando que el resultado final sea económicamente rentable y reproducible en Europa. Se estima una reducción global de la demanda energética del edificio de hasta el 60% con respecto a un edificio convencional. El punto de partida para el diseño del edificio es el siguiente:

- Envoltente de alto aislamiento térmico con U menores de 0,42 W/m²K.
- Vidrios de altas prestaciones U inferior a 2 W/m²K.
- Sistemas de climatización muy eficaces y de baja energía.
- Integración de energías renovables.
- Consumo de energía total inferior a 60 kWh/ m² año (en términos de energía primaria), incluyendo calefacción, refrigeración, ventilación, ACS, consumo de electricidad (considerando iluminación).
- Uso de productos de construcción de bajo impacto ambiental y potencialmente recuperables.
- Monitorización durante la fase de uso y control.
- Planteamiento de soluciones y tecnologías de eficiencia energética, rentables y de fácil reproducibilidad.
- Plan de gestión de agua y residuos.
- Criterios de calidad de ambiente interior.

MATERIAL Y MÉTODOS

El diseño y construcción del edificio CIRCE II se está realizando siguiendo la metodología innovadora en desarrollo dentro del proyecto NEED4B que integra herramientas y procedimientos como la IPD – Integrated Project Delivery (Teng et. al, 2013, pág. 370-374) el modelo y herramientas BIM – Building Information Modelling (Wong & Fan, 2013), el análisis del ciclo de vida (UNE-EN ISO 14040:2006 y UNE-EN ISO 14044:2006) y del coste del ciclo de vida (Langdon, 2007, pago 1-60) y la utilización programas avanzados de simulación energética (Zhu et. al, 2013, pág. 323-335; Boyano et. al, 2013, pág. 19-28).

Para la realización del proyecto de ejecución y la ejecución del mismo es requisito del proyecto NEED4B utilizar la metodología BIM, que es una metodología de trabajo que permite centralizar toda la información de un proyecto constructivo durante todo su ciclo de vida y desde el punto de vista de todos los agentes (Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Facility Management). BIM es la tecnología que apoya la metodología IPD y que permite construir digitalmente un modelo virtual del edificio. Este modelo admite todas las fases del ciclo de vida de un edificio, lo que permite un mejor análisis y control de procesos manuales. Cuando está terminado, el modelo contiene la geometría precisa y los datos necesarios para apoyar las actividades de operación y mantenimiento. BIM facilita un diseño y un proceso de construcción más integrado, que se traduce en edificios de mayor calidad a un menor costo y la reducción de la duración del proyecto.

RESULTADOS

Diseño propuesto

A continuación se presenta el diseño propuesto para el edificio, estructurado en tres elementos clave: la optimización de la envolvente térmica, la máxima eficiencia en las instalaciones energéticas y la integración de las energías renovables. Se ha realizado un estudio de soleamiento y de viento para reducir la exposición al viento, optimizar la captación solar en invierno y prever las protecciones solares necesarias en verano. Teniendo en cuenta lo anterior, así como la relación con el Campus Universitario y la accesibilidad se propone un edificio en forma de L con dos brazos; uno de orientación norte-sur y otro con orientación este-oeste, de los cuales el brazo norte sur es escalonado.

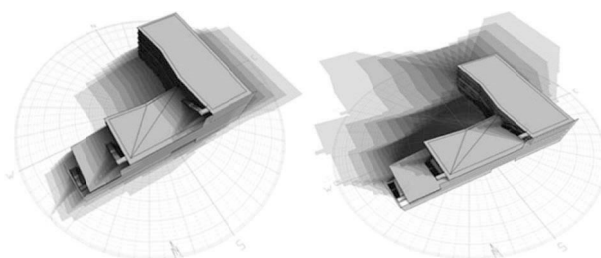


Figura 2. Estudio detallado soleamiento realizado con ECOTECH: soleamiento 21 Junio (izq.) y 21 Diciembre (dcha.).

Envolvente térmica del edificio

La transmisividad de los cerramientos opacos y transparentes del edificio es inferior a 0,2 y 1 W/m²K respectivamente. Las fachadas del edificio son de doble piel: la interior está formada por un muro de termoarcilla y la exterior formada por dos capas, la primera sobre un aislamiento impermeable de gran espesor y altas prestaciones y la segunda un revestimiento de lamas metálicas perforadas. La última piel se abre y se orienta de modo óptimo para obtener la adecuada iluminación, protección solar y

ventilación. Las proyecciones solares se han diseñado de manera que sombrean la fachada y los huecos evitando la radiación solar en verano y permitiéndola en invierno. Por otra parte, la cubierta del edificio será vegetal y transitable, consiguiendo un buen comportamiento energético y contribuyendo a reducir el efecto de “isla de calor” local.

Se ha tenido especial cuidado en el tratamiento de los puentes térmicos. Colocando el aislamiento térmico por delante de la estructura se genera una rotura de puente térmico en la solución constructiva de los vuelos.

Instalaciones energéticas del edificio

Como sistema de calefacción y refrigeración, se plantea un sistema TABS -Thermally Activated Building System (Saelens et. al, 2011, pág. 835-848), consistente en la activación térmica de la estructura de hormigón del edificio (básicamente en los forjados). Una vez implementado el sistema, la energía contenida en la estructura de hormigón pasa a estar controlada, funcionando la propia estructura como un acumulador energético y por tanto tiene capacidad de cargarse y descargarse. Las principales ventajas del sistema TABS son:

- Gran inercia (superior a 8 horas), lo que reduce la potencia de los equipos de generación de calor/frío entre un 30% y un 50%, aumentando la eficiencia energética en su operación.
- Reducción de la temperatura de trabajo de los fluidos caloportadores, consiguiendo temperaturas más parecidas a la temperatura ambiente que en los sistemas convencionales.
- Mejora del confort térmico, ya que las temperaturas de las superficies alrededor de los usuarios se asemejan en todo momento a la temperatura del aire.
- Alto grado de replicabilidad, siendo especialmente adecuado para su aplicación en edificios de oficinas, donde las demandas de climatización y las exigencias de confort térmico suelen ser elevadas, existiendo además un comportamiento energético día/noche muy diferenciado.

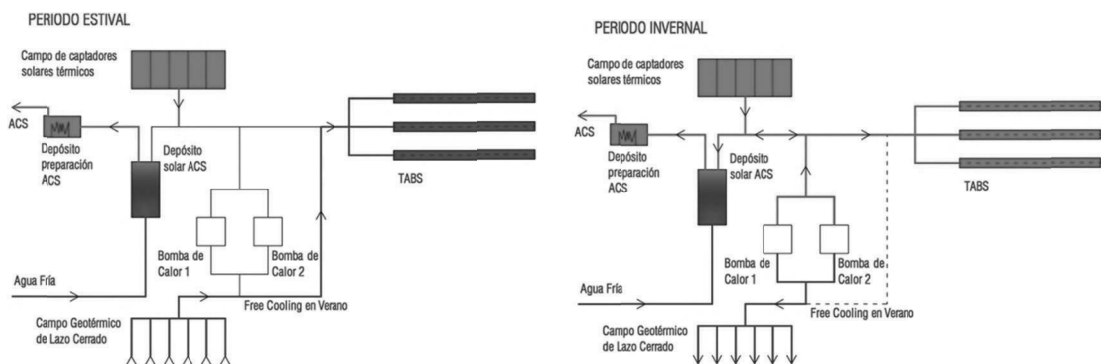


Figura 3. Funcionamiento del sistema de climatización del edificio, periodo estival y periodo invernal.

Dado que las temperaturas necesarias para refrigerar el edificio durante el verano con un sistema TABS son de 19°C, se plantea el uso de energía geotérmica directa durante gran parte del año. En épocas invernales es posible usar este intercambiador geotérmico como evaporador para las bombas de calor. Se plantea entonces una instalación de geotermia de lazo cerrado para poder realizar un intercambio hidro-geotérmico con el terreno de la parcela.

El sistema de ventilación del edificio aprovecha las características de la climatología local a través de un sistema de freecooling. Asimismo, los climatizadores cuentan con sección de recuperación de calor para aprovechar la energía del aire que se va a extraer del edificio. El sistema se basa en que la ventilación

sea por demanda, es decir solamente se ventila cuando es necesario en función de la calidad del aire de cada zona la cual se monitoriza a través de unas sondas de CO2 en cada despacho y en cada punto de las plantas. Adicionalmente, el sistema de ventilación va a contar con dos subsistemas de pre-calentamiento o pre-enfriamiento: geotermia de aire o pozos canadienses y colector de aire o muro trombe. Estos dispositivos logran que antes de llegar el aire exterior al climatizador, éste haya sido pre-enfriado o pre-calentado.

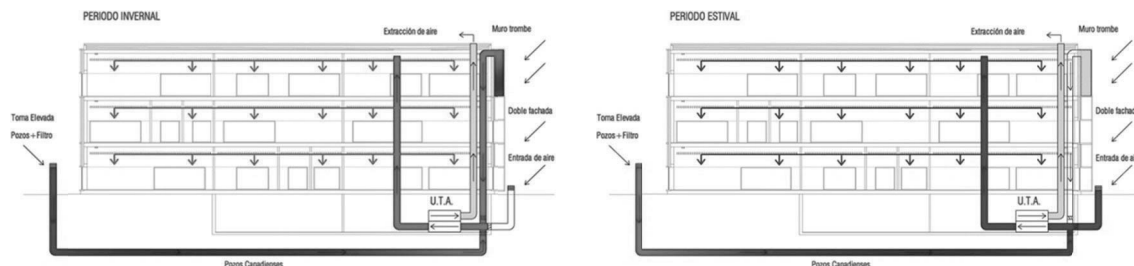


Figura 4. Funcionamiento del sistema de ventilación del edificio. Periodo invernal y estival.

Por otra parte, en el edificio se plantea la reutilización de las aguas de lluvia y aguas grises el llenado de las cisternas de inodoros y para la red de riego.

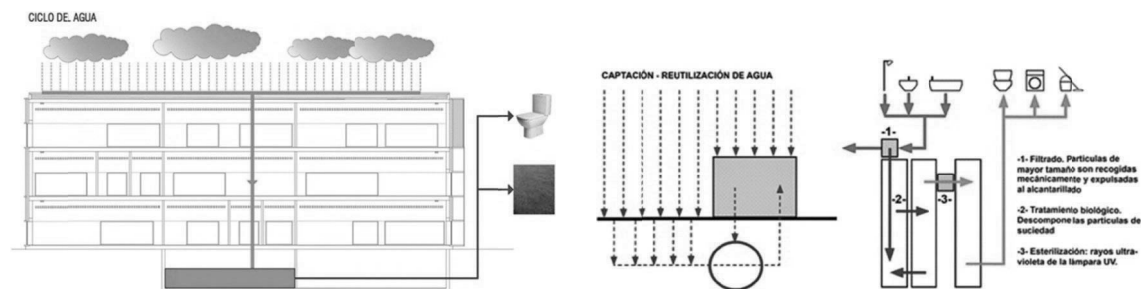


Figura 5. Ciclo del agua en el edificio.

Integración de energías renovables en el edificio

El edificio dispondrá de una instalación fotovoltaica con una potencia de 18kW pico, con una producción anual aproximada de 24MWh/año, así como una instalación minieólica en cubierta, con una producción menos significativa pero pretendiendo ser un ejemplo de la integración de este tipo de sistemas en los edificios.

Ahorros obtenidos

El nuevo edificio CIRCE II presentará los siguientes ahorros energéticos en comparación con un edificio convencional:

- Reducción de la demanda energética para calefacción del 83%, lo que supone un ahorro de 50,5 kWh/m² año.
- Reducción de la demanda energética para refrigeración del 79%, lo que supone un ahorro de 16,2 kWh/m² año.
- Reducción de la demanda energética del edificio del 70%, lo que conlleva un ahorro de 65,6 kWh/m² año.

- Consumo muy reducido de energía primaria, estimado en 29 kWh/m² año.

Estos ahorros tienen un impacto directo en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero liberadas a la atmósfera, que se estima en 2,87 kg CO₂/m² año, lo que en términos globales supone evitar la emisión de 65 t CO₂ al año.

En cuanto a los ahorros económicos asociados a las medidas implementadas, se ha estimado un ahorro en la facturación eléctrica de 10 euros/m² año, lo que supone un ahorro aproximado de 24.000 euros/año. Como consecuencia de los ahorros generados se ha estimado un beneficio económico de 0,96 millones de euros para un periodo de 50 años.

CONCLUSIONES

El proyecto del edificio CIRCE II plantea la investigación de soluciones de eficiencia energética adaptadas al medio. Dichas soluciones permitirán investigar y demostrar la capacidad de implementar soluciones arquitectónicas energéticamente eficientes, respetuosas con el lugar, con el usuario y con el medio ambiente.

Las soluciones propuestas para el edificio CIRCE II lo convierten en un edificio de muy bajo consumo energético. El consumo de energía primaria se estima en 29 kWh/m² año, que es un 50% inferior al objetivo mínimo inicial de 60 kWh/m² por año.

Conviene reseñar que los ahorros de energía obtenidos para el edificio se han logrado a través de un conjunto de medidas técnica y económicamente viables. Los costes económicos asociados a la facturación eléctrica se reducen un 65% en comparación con un edificio convencional, obteniendo un periodo de retorno de la inversión para las medidas de eficiencia energética implementadas de tan solo 10 años.

RECONOCIMIENTOS

La investigación que ha dado lugar a estos resultados ha recibido financiación del Séptimo Programa Marco de la Unión Europea (FP7/2007-2013) en virtud del acuerdo de subvención nº 285173 - proyecto NEED4B New Energy Efficient Demonstration for Buildings.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boyano A, Hernandez P, Wolf O. *Energy demands and potential savings in European office buildings: Case studies based on EnergyPlus simulations*. *Energy and Buildings*, 65, 2013, Páginas 19-28.
- Comisión Europea. Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2003.
- Comisión Europea. Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición). Diario Oficial de la Unión Europea, 2010.
- Langdon, D. Life Cycle Costing (LCC) as a Contribution to Sustainable Construction, *Guidance on the Use of the LCC Methodology and its Application in Public Procurement*; European Commission: Brussels, Belgium, 2007; pp. 1–60.

- Saelens D, Parys W, Baetens R. *Energy and comfort performance of thermally activated building systems including occupant behavior*. Building and Environment, 46(4), April 2011, Pages 835-848.
- Teng J-Y, Wu X-G, Zhou G-Q, Zhao W-W, Cao J. *Study on integrated project delivery construction project collaborative application based on building information model*. Advanced Materials Research, 621, 2013, Páginas 370-374.
- UNE-EN ISO 14040:2006. Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia.
- UNE-EN ISO 14044:2006. Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices.
- Wong K-D, Fan Q. Building information modelling (BIM) for sustainable building design (Review). Facilities, 31(3), February 2013, Pages 138-157.
- Zhu D, Hong T, Yan D, Wang C. *A detailed loads comparison of three building energy modeling programs: EnergyPlus, DeST and DOE-2.1E*. Building Simulation, 6(3), September 2013, Pages 323-335.

ESTRATEGIAS Y RESULTADOS ENERGÉTICOS COMPARADOS EN EDIFICACIÓN SINGULAR

Almudena Génova, Gerente Diseño y LEED AP, Bovis
Virginia Cabrera, Gerente Diseño y LEED AP, Bovis

Resumen: El consumo de energía y los impactos asociados son unos factores de la mayor importancia en la evaluación medioambiental de edificios, representando un peso del entorno del 30% de la puntuación máxima en la evaluación LEED, con diferencias entre sus variantes: C&S, EB, NC, etc. Por otra parte en España contamos con un procedimiento específico y obligado, para evaluar el comportamiento energético de los edificios: la Certificación Energética de Edificios. Parecería a priori que entre los resultados a obtener mediante los diferentes procedimientos de calificación energética debería existir una relación, si no lineal, al menos de aproximación. Este trabajo pretende investigar, a partir de casos concretos de edificación singular, las relaciones entre los resultados obtenidos con unos u otros sistemas. Por otro lado se pretende indagar, la posible relación entre las estrategias empleadas y los resultados energéticos, obtenidos en las evaluaciones energéticas realizadas. La identificación de diferentes sensibilidades de los proyectos a las medidas empleadas en los mismos puede constituir una valiosa pista en los planteamientos energéticos iniciales de cada caso. Las conclusiones obtenidas, sin embargo, no permiten definir fórmulas universales válidas para diferentes proyectos. Se ratifica así la necesidad de realizar un estudio pormenorizado de cada caso. Sí se detectan sin embargo dentro de los proyectos estudiados, áreas de actuación con mayor influencia en su calificación energética.

Palabras Claves: Certificación, Edificación, Eficiencia, Energía, Estrategia, Gestión, LEED, Medioambiental, Project Management

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Bovis Project Management es una empresa española con una larga experiencia en Gestión de grandes proyectos: Sedes Empresariales, Centros Comerciales, Hoteles, Edificios Sanitarios, etc. En los últimos años se ha percibido en nuestro trabajo una demanda creciente por parte de los clientes de dos aspectos fundamentales en sus proyectos: las certificaciones medioambientales y la eficiencia energética. Estos dos aspectos, a su vez, están relacionados entre sí, ya que todas las certificaciones medioambientales de edificios recogen el comportamiento energético de estos, aunque con pesos diferentes en cada caso. Podríamos decir que la Energía constituye siempre un aspecto de gran importancia del comportamiento medioambiental.

Fruto de la búsqueda de soluciones a los retos que el mercado plantea, Bovis ha desarrollado metodologías propias de trabajo en la gestión de la energía en sus proyectos, como presentamos en el I Congreso de Edificios de Energía casi Nula que se celebró en 2012. En aquel momento muchos de los proyectos ahora finalizados estaban en pleno desarrollo y, aunque de forma embrionaria, se plantearon en ellos diferentes soluciones para la optimización del uso de la energía. En particular, ha sido aspecto muy destacado en los proyectos certificados o en vías de conseguirlo mediante el sistema LEED, como los que ahora presentamos.

Objetivo del estudio

El objetivo es identificar en lo posible la diferente sensibilidad de los sistemas de certificación energética a las variadas estrategias de proyecto posibles, mediante la comparación por un lado de las medidas adoptadas, y por otro de los resultados obtenidos en Certificación Energética según la normativa española y la puntuación LEED en los créditos de Eficiencia energética y Generación de energía In Situ.

EL ESTUDIO

Tipologías de los casos de estudio

Se han escogido para este estudio un grupo de 4 edificaciones con una serie de características comunes:

- Edificación singular, de gran relevancia arquitectónica, de superficie media-grande (más de 15.000 m²).
- Certificadas LEED o en vías de certificación.
- De uso predominantemente administrativo.
- En entorno urbano pero de tipología edificación independiente.



Figura 1. Arriba: Campus Repsol. Abajo Izquierda: Castellana 77. Abajo Centro: Nueva Sede Banco Popular. Abajo Derecha: Alta Diagonal.

Parámetros estudiados

Sistemas de medición de la eficiencia energética:

Se han estudiado los resultados de aplicación de la Normativa Española (RD 47/2007 de Certificación Energética de Edificios de Nueva Construcción) y del Sistema de certificación LEED.

En ambos casos la medición se realiza mediante la comparación con un caso modelo que se construye a partir del proyecto en estudio, pero que cuenta con una eficiencia energética “básica” que parte del mero cumplimiento de normativas técnicas de referencia. En el primer caso se obtiene una escala de clasificación que va de la letra A a la C (en realidad hasta la G pero están fuera del cumplimiento normativo), con ahorros en emisiones de CO₂, respecto de la referencia, entre el 60% y el 0%. La

referencia (0%) se obtiene de la estricta aplicación de cumplimiento del CTE sobre el modelo volumétrico de proyecto.

En el segundo caso, se obtiene una puntuación numérica que oscila, según los sistemas LEED aplicados, entre el 14% y el 19% del total de puntos posibles en el sistema elegido, correspondientes a ahorros en coste de energía consumida, con respecto a la referencia entre el 10,5% y el 48%. El modelo se obtiene de aplicar la normativa de ASHRAE y una serie de medidas que tratan de construir un modelo “medio” en el mercado de construcción de EEUU. La forma de medir es completamente diferente según el sistema que se utilice, por lo que no son escalas comparables. No obstante, hemos realizado una simplificación, suponiendo que el porcentaje de mejora respecto a un modelo fuera asimilable entre los diferentes sistemas empleados. En este caso, la equivalencia de puntuación en ambos sistemas sería la siguiente:

REPSOL				B.POPULAR ABELIAS				C77				DEKA			
LEED NC 2.2	PUNT. MÁXIMA	GR	CERTIFICACION ENERGÉTICA RD 47/2007	LEED NC V3 [2009]	PUNT. MÁXIMA	110	CERTIFICACION ENERGÉTICA RD 47/2007	LEED C6S V3 [2009]	PUNT. MÁXIMA	110	CERTIFICACION ENERGÉTICA RD 47/2007	LEED EB 2009	PUNT. MÁXIMA	110	CERTIFICACION ENERGÉTICA RD 47/2007
AHORRO % (RESPECTO MODELO)	PTOS	PUNT. CORREGIDA (% SOBRE MÁXIMA)		AHORRO % (RESPECTO MODELO)	PTOS	PUNT. CORREGIDA (% SOBRE MÁXIMA)		AHORRO % (RESPECTO MODELO)	PTOS	PUNT. CORREGIDA (% SOBRE MÁXIMA)		ENERGY STAR E PERFORMANCE RATING	PTOS	PUNT. CORREGIDA (% SOBRE MÁXIMA)	
30,50%	1	1,43%	N/A (ANT. A 2007)	32,00%	1	0,92%	B (-35% A - 60% EMISIONES CO2)	32,00%	3	2,73%	B (-35% A - 60% EMISIONES CO2)	75%	1	0,91%	C (0% A - 34% EMISIONES CO2)
34,00%	2	2,90%		34,00%	2	1,82%		34,00%	4	3,64%		78%	2	1,82%	
37,50%	3	4,35%		16,00%	3	2,73%		36,00%	5	4,50%		79%	3	2,73%	
41,00%	4	5,80%		18,00%	4	3,64%		38,00%	6	5,40%		80%	4	3,64%	
24,50%	5	7,25%		20,00%	5	4,50%		40,00%	7	6,30%		81%	5	4,50%	
28,00%	6	8,70%		22,00%	6	5,40%		42,00%	8	7,27%		77%	6	5,40%	
31,50%	7	10,14%		24,00%	7	6,30%		44,00%	9	8,18%		78%	7	6,30%	
35,00%	8	11,59%		26,00%	8	7,27%		46,00%	10	9,09%		79%	8	7,27%	
38,50%	9	13,04%		28,00%	9	8,18%		48,00%	11	10,00%		80%	9	8,18%	
42,00%	10	14,49%		30,00%	10	9,09%		48,00%	12	10,91%		81%	10	9,09%	
			32,00%	11	10,00%	48,00%	13	11,82%	82%	11	10,00%				
			34,00%	12	10,91%	34,00%	14	12,73%	83%	12	10,91%				
			36,00%	13	11,82%	36,00%	15	13,64%	84%	13	11,82%				
			38,00%	14	12,73%	38,00%	16	14,55%	85%	14	12,73%				
			40,00%	15	13,64%	40,00%	17	15,45%	86%	15	13,64%				
			42,00%	16	14,55%	42,00%	18	16,36%	87%	16	14,55%				
			44,00%	17	15,45%	44,00%	19	17,27%	88%	17	15,45%				
			46,00%	18	16,36%	46,00%	20	18,18%	89%	18	16,36%				
			48,00%	19	17,27%	48,00%	21	19,09%	90%	19	17,27%				

Figura 2. Valoración en diferentes sistemas de medición de Eficiencia Energética.

A pesar de haber simplificado enormemente las hipótesis de partida, como se puede observar en el gráfico, no existe correlación entre el análisis energético LEED y la Calificación Energética obtenida en el modelo español.

Estrategias energéticas. Activas y Pasivas.

El proceso para conseguir una gestión sostenible de energía se consigue siguiente los siguientes pasos:

I. Disminución de la demanda.

- Se actúa primero en la envolvente, determinado la orientación de las ventanas y porcentaje de huecos, las características del vidrio, el nivel de aislamiento, los elementos de sombreado, el control de la iluminación.
- Iluminación Natural. Calidad de espacios interiores diáfanos donde prevalece la luz natural sobre la artificial. Automatización de la iluminación artificial en función de la natural, detectores de presencia, temporizadores.
- Ventilación natural. Permitiendo la apertura de ventanas en zonas acondicionadas cuando las condiciones climáticas lo permiten.
- Huecos en fachadas opuestas en parkings y almacenes para evitar el encendido de ventiladores.
- Aprovechamiento de los exutorios para evacuación de incendios.
- Cambios en la cultura de los usuarios. Adecuación de la vestimenta. Aplicación de las recomendaciones de UE en cuanto a las condiciones de confort.

II. Aumento de la eficiencia en los sistemas y gestión de la energía para conseguir reducir los consumos principales: Iluminación, Climatización, Ventilación y ACS.

Casos de estudio

Campus Repsol

- Promotor: Repsol
- Proyecto / Construcción: 2008/2013
- Superficie Construido S/R: 60.000 m² aprox;
- Certificación Leed: 2.2 NC Platino.
- Estrategias Energéticas más relevantes:
 - 1350 paneles de generación fotovoltaica.
 - Sistemas todo aire a baja velocidad de volumen variable adaptados según las necesidad de zonas.
 - Fachadas, fomento de iluminación natural simultaneo al control de soleamiento excesivo.

Castellana 77

- Promotor: BBVA Propiedad S.A.
- Proyecto / Construcción: 2014/NA
- Superficie Construido S/R: 16.000 m² aprox.
- Certificación Leed: Objetivo LEED C&S Oro, en proceso de Pre-Certificación.
- Estrategias Energéticas más relevantes:
 - Factor de forma favorable y control de incidencia solar.
 - Ventilación vía SIAVs con sensores de CO₂ para ajustar a ocupación real.
 - 528 M² (27KWp) de paneles fotovoltaicos en fachada.

Nueva Sede Banco Popular

- Promotor: Banco Popular
- Proyecto / Construcción: 2009-2013
- Superficie Construido S/R: 50.000m²
- Estado Certificación Leed: Certificado Leed NC&MR Oro en octubre 2013.
- Estrategias Energéticas más relevantes:
 - Aprovechamiento de la energía producida en las salas técnicas utilizando el calor latente residual, disminuyendo así el consumo de energía de las enfriadoras.
 - Calefacción y ACS de las oficinas se obtiene mediante un intercambiador de calor recuperando.
 - Cubiertas vegetadas y fachada con un óptimo aislamiento térmico (16/20/8+8 con argón), lo que promueve el confort interior.

Alta Diagonal

- Promotor: DEKA IMMOBILIEN GmbH
- Proyecto / Construcción: 2011/2013
- Superficie Construido S/R: 38.000m²
- Certificación Leed: Objetivo LEED EB Oro, en proceso de certificación.

- Estrategias Energéticas más relevantes:
 - Sustitución de plantas refrigeradoras y climatizadores, así como creación de un anillo en cubierta para unir todas ellas y optimizar el sistema.
 - La parte superior del Atrio del edificio se encuentra abierta, al abrir la puerta principal se crea una ventilación natural.
 - Instalación de un palio o doble piel exterior con una superficie en horizontal de 200m².

COMPARACIÓN DATOS OBTENIDOS

	SEDE REPSOL	B. POPULAR ABELIAS	C77	DEKA
MEDIDAS IMPLEMENTADAS				
MEDIDAS PASIVAS:				
FACTOR DE FORMA: M ² SUPERFICIES ENVOLVENTES (FACHADAS + CUBIERTAS) / SUPERFICIE CONSTRUIDA S/R	Factor de forma= 0,68	Factor de forma= 1,29	Factor de forma= 0,50	Factor de forma= 0,72
RATIO MEDIO OCUPACIÓN	12,30 M ² /PER	7,9M ² /PER	7,3M ² /PER	4M ² /PER
CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS CERRAMIENTOS	Fachada compuesta con doble piel para las orientaciones más expuestas al soleamiento, y fachada simple donde los requerimientos de confort son menores. Se han instalado desde vidrios extraclaros en fachadas simples hasta vidrios con capas de protección solar en configuración de doble piel ventilada.	doble piel compuesta por una piel interior de carpintería modular de aluminio y vidrio, y una piel exterior permeable compuesta por una celosía cerámica Doble acristalamiento de vidrios extraclaros compuesto por un vidrio exterior de 10 mm de espesor con capa de altas prestaciones en tar a 2, cámara de hidratación de aire de 16 mm de espesor con gas Argón.	Fachadas exteriores de vidrio sobre periferia metálica, vidrios de altas prestaciones térmicas (1,1W/m ² K) y visuales.	La fachada exterior existente es un muro cortina tipo "stick" de periferia de aluminio extrusionada. Únicamente se ha intervenido en las fachadas para limpiar los paneles de aluminio, sellar las juntas entre vidrios y cambiar los vidrios grafiados del dculo de la fachada principal por vidrio extraclaro
FACTOR SOLAR FACHADA ACRIALADADA	Dependiendo de la ubicación de fachadas, desde 0,91 a 0,40.	28% transmisión luminosa mínima del 49%	Dependiendo de las orientaciones: 0,9 a Norte, 0,43 a Este y Oeste, 0,30 a Sur.	65%
PROTECCIONES SOLARES	Elementos verticales de protección solar por el exterior de los edificios.	Baguettes cerámicas en todas las orientaciones	Serigrafía en vidrios. En coronación del edificio vidrios fotovoltaicos. No tiene protecciones solares exteriores.	Cortinas interiores metálicas, que mejoran el 32% de la reflexión solar y el 43% de la transmisión visible. En fachada ppal (fachada sur) vidrios extraclaros e instalación de un palio o doble piel exterior sup. en horizontal de 200m ²
PROPORCIÓN HUECOS/TOTAL FACHADAS	fachadas de vidrio en las 4 orientaciones principales	73%	fachadas de vidrio en las 4 orientaciones principales	47%
MEDIDAS ACTIVAS:				
E. FOTOVOLTAICA INSTALADA KWp KWh/año	226,44 KWp 250.000KWh/año	35,28 KWp 55.000 kWh/año	27 KWp 38.574 kWh/año	NO
CARACTERÍSTICAS ALUMBRADO	7W/m ² FRENTE A 11W/m ² BASELINE Alumbrado de oficinas fluorescente mediante TS. Rendimientos no inferiores al 85% en oficinas. Reactancias electrónicas.	Cinco circuitos de iluminación, dos de ellos para la primera fila de luminarias de fachada con motor de arranque DALI direccionable para modificar el nivel de iluminación. Cuatro configuraciones de iluminación. Baños, escaleras de evacuación y zonas de baja ocupación controladas por medio de detectores de presencia.	Luminarias de alta eficiencia gestionadas mediante sistema Dali, que permite la creación de diferentes escenarios y programaciones de iluminación además de su regulación automática en base a la luz natural disponible. Se combina con detectores de presencia en determinadas zonas.	Instalación con tubos y lámparas compactas fluorescentes en zonas comunes. Includido el garaje con control por tiempo desde el sistema de control. Tubos fluorescentes TS en áreas de inquilinos con control de luz perimetral. En los ascensores se ha instalado LEEDS. Detección de presencia en las zonas comunes.
CARACTERÍSTICAS CLIMATIZACIÓN	Perímetro de las plantas: sistema agua-aire con implantación de fancoils horizontales de falso suelo, impulsión y retorno mediante rejilla lineal y plenum en techo. Zonas interiores: sistema de aporte de aire climatizado a través del falso suelo, procedente de climatizadores situados en la planta de cubiertas. Recuperación entálpica del aire de extracción en UTA de cubierta. Free cooling en caso de contar con condiciones exteriores favorables.	Sistema todo aire, con caudal variable y temperatura de impulsión constante: sección de free-cooling con compuestas motorizadas de expulsión de aire, paso de aire de retorno, toma de aire exterior. Sección de filtros y pre-filtros de eficacia F-6 y F-9. Sección de recuperación de energía del aire de expulsión del tipo entálpico y dotado de humidificación adiabática con el fin de aumentar la eficiencia del sistema de recuperación.	Sistema de fan coils de alta eficiencia (50% más sobre equipos convencionales) alimentados en frío por 3 enfriadoras en cubierta condensadas por agua. Control de ventilación mediante SIAV, sistema volumen de aire variable regulado en base a demanda real (controles CO2). Circuitos hidráulicos del sistema con bombas de velocidad variable.	Se han sustituido las plantas refrigeradoras y climatizadores, así como se ha creado un anillo en cubierta para unir todas ellas para optimizar el sistema. El atrio y la sala multifunciona tienen sistemas de climatización independientes tipo split. Se ha instalado sistema de control on-line - Multichiller. Los climatizadores tienen recuperadores de calor y capacidad de free cooling. La parte superior del Atrio del edificio esta abierta, por lo que cuando se abre la puerta principal se crea una ventilación natural.
RESULTADOS:				
CALIFICACION ENERGÉTICA OBTENIDA	NO DISPONIBLE (ANT. 2007)	B	B	C
LEED: Puntuación obtenida en eficiencia energética	10 Ptos LEED NC 2.2 -42% EN COSTE	3 ptos. LEED NC v3 2009 -16% EN COSTE	14 ptos. LEED C&S 2009 -30% EN COSTE	8 ptos. LEED EB v3 2009 -26% EN COSTE

Figura 3. Comparación de resultados obtenidos.

ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

Del análisis realizado podemos concluir que no hay medidas universales que garanticen la alta eficiencia energética de los edificios, sino que cada caso debe estudiarse de forma individual para detectar las más adecuadas. Lo más efectivo es contar con un asesoramiento global en eficiencia energética que incorpore este aspecto dentro del resto de objetivos del proyecto y establezca la estrategia general más adecuada.

Por otro lado no encontramos una verdadera relación de correspondencia entre los sistemas estudiados de calificación energética, no sólo por la diferente escala de puntuación utilizada, sino porque el modelo "base" o de comparación se basa en supuestos diferentes.

Sin embargo, a un nivel más conceptual que analítico, hemos detectado tres grupos de medidas que parecen estar relacionadas directamente con la eficiencia energética de los edificios de la tipología estudiada:

- Implantación de energías renovables generadas in situ, en particular aquellas que generan electricidad, ya que se reconocen en todos los sistemas y minoran el balance de la energía primaria más consumida.
- La calidad de las fachadas, la disposición de elementos de protección solar y su correcta adecuación a la orientación solar es un elemento que también afecta de forma sensible a la calificación energética.
- En cuanto a las instalaciones, las medidas de mejora de eficiencia en la producción de frío, en la ventilación optimizada a las ocupaciones reales de las zonas y en el alumbrado son las 3 medidas que han demostrado un mayor impacto en las calificaciones a obtener.

En cuanto al grado de penetración de los diferentes sistemas en estos proyectos, la implantación de medidas de eficiencia en equipos y sistemas es algo ya habitual y en muchos casos, se observa como medidas de eficiencia inicialmente innovadoras se convierten en breve en soluciones de uso común, frecuentemente incluidas en las normativas técnicas obligatorias.

Finalmente, mencionar que aunque se observa una progresiva sensibilización de los proyectos a su comportamiento energético, ya desde su concepción volumétrica y constructiva, aún podría mejorarse si la eficiencia se considerase desde un principio como un elemento prioritario.

RECONOCIMIENTOS

Repsol, BBVA Propiedad S.A., Banco Popular, DEKA Immobilien GmbH.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y OTRAS

ANSI ASHRAE Standard 62.1-2007

ANSI SMACNA 2nd Edition 2007

ASHRAE 52.2 1999

ASHRAE 55-2004

ASHRAE IESNA Standard 90.1-2007

MANUAL LEEDv3 2009

DB HE CTE

REALIDAD SOCIAL DE UNA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA CASI NULA (ELIH-MED, EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS VIVIENDAS DE BAJAS RENTAS (LIH) EN EL ÁREA MED)

Iván Luque Segura, Técnico Proyectos Europeos, Observatorio Medio Ambiente Urbano, (OMAU) Málaga

Jon Switters, Técnico Proyectos Europeos, Observatorio Medio Ambiente Urbano (OMAU) Málaga

Resumen: www.elih-med.eu es un proyecto estratégico. En Málaga, se desarrolla un piloto de rehabilitación energética integral de un edificio de vivienda social: aislamiento de envolvente, introducción de sistema de producción de ACS con paneles solares térmicos apoyados con motor de cogeneración y mejora de la ventilación natural. La metodología participativa resulta la clave de éxito del proyecto; comienza con fase de diagnóstico social, a fin de establecer las prioridades. Se constituyen grupos participativos para apoyar la toma de decisiones de mejora de EE. Se trata de un edificio colectivo de bajas rentas, con rendimiento energético mejorado, de CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULA. Los valores reales para calefacción, refrigeración y ACS casi nulos.

Palabras Claves: Bajas Rentas, Clima Mediterráneo, Eficiencia Energética, Málaga, Proceso Participativo, Rehabilitación Energética, Vivienda Social

INTRODUCCIÓN

ELIH-MED es un proyecto estratégico co-financiado por el Programa MED, se centra en el desarrollo de las políticas de eficiencia energética en las viviendas de bajos rentas (LIH) en el área mediterránea basada en los principios de construcción sostenible y la participación de los residentes en el proceso de rehabilitación energética.

En Málaga en el año 2013, se ha desarrollado un piloto de rehabilitación integral del edificio de vivienda social “Los Limoneros”. Las medidas implementadas son: aislamiento de los paramentos opacos de envolvente (fachada, sótano y cubierta), introducción de sistema de producción de ACS con paneles solares térmicos apoyados con motor de cogeneración, simultáneamente se produce energía eléctrica destinada a las zonas comunes del edificio, y mejora de la ventilación en zonas comunes del edificio.



Figura 1. Zonas comunes del edificio.

Este proyecto de eficiencia energética en edificios se centra en el aspecto social y participativo, como eje de trabajo principal del completo proceso de rehabilitación energética; pues la efectividad y sostenibilidad del proyecto reside en el grado de involucración de los residentes, el efecto de apoderamiento sobre las intervenciones realizadas y el cambio de hábitos de uso de la energía doméstica y comunitaria.

METODOLOGÍA PARTICIPATIVA

La metodología participativa sigue un proceso que parte desde una fase de diagnóstico y estudio social, a fin de establecer las prioridades de actuación en materia de rehabilitación energética. Se constituyen grupos participativos de proyecto para apoyar la toma de decisiones de mejora de la eficiencia energética. Desarrollo de una campaña de concienciación sobre el uso de la energía e instalación de contadores inteligentes. Imparte la formación en materia de eficiencia energética y apoya el empleo laboral de los residentes durante las fases de obra. Finalmente se desarrolla una campaña de concienciación a escala urbana para la promoción de la eficiencia energética en edificios colectivos LIH de otras zonas de la ciudad.

El proyecto se estructura siguiendo una metodología participativa en la que la toma de decisiones se reparte entre la comunidad de vecinos (PPCG) y el Grupo de Gestión Territorial de proyecto (TMG). Desde la fase de análisis preliminar del edificio, donde se desarrollan las primeras propuestas de intervención, sugerencias, ideas y necesidades de los residentes del edificio; se realizan encuestas y entrevistas para la recolección de datos sobre el consumo de energía; análisis de conflictos en contexto social específico; y finalmente se compone el diagnóstico social y definen criterios arquitectónicos para el diseño de proyecto para la realidad social.

En la fase de diseño y desarrollo de propuestas de mejora de eficiencia energética, el TMG realiza la simulación de rendimiento energético previo, a modo que las propuestas técnicas se basen en los aspectos del edificio detectados más ineficientes energéticamente. Se abre el debate sobre las principales soluciones de arquitectura de eficiencia energética arquitectónica e ingeniería seleccionados por el TMG con el fin de evaluar su viabilidad y la aplicación potencial en el edificio. La lista de mejoras fue ponderada según las prioridades del grupo participativo de residentes del edificio. Con previsión a las cuestiones de durabilidad y futura gestión de las intervenciones, para garantizar un rendimiento óptimo en el tiempo de vida de los nuevos sistemas a ejecutar. Se iniciaron los trabajos de concienciación energética para detectar los hábitos de consumo más negativos y trabajar una campaña de cambio de hábitos y reducción de consumos.

Fase de redacción del proyecto. Previamente, se consensuan entre vecinos y agentes de proyecto las medidas definitivas a implementar. Durante esta fase, el proyecto se complementa con acciones de concienciación mediante la instalación de 20 contadores inteligentes en viviendas y zonas comunes del edificio, a fin de analizar los consumos eléctricos reales de los residentes y realizar asesoramiento personalizado sobre los usos y potenciales cambios de hábitos, con objetivo de optimizar consumos en los hogares.

Posteriormente se recogen aportaciones y sugerencias para involucrar a la comunidad en el proceso de obras, con objeto de despertar un sentimiento de apoderamiento del proyecto, produciendo futuros efectos que propicien un buen uso de las instalaciones, mantenimiento y optimización de rendimientos del sistema.

Fase de construcción. Ejecución constructiva de las propuestas técnicas de intervención para la mejora de la eficiencia energética, co-diseñadas por TMG Y PPCG. Varias familias participan en las fases de

ejecución, desarrollando un papel de transmisores de las intervenciones al resto de los vecinos; aclarando dudas y utilidad de medidas de eficiencia energética, interlocutores entre la empresa constructora y cada vecino, especialmente en las actuaciones en interior de viviendas, para la instalación de los sistemas individualizados de intercambio térmico para la producción de ACS. Se mantienen reuniones para recoger ideas y propuestas para la campaña de sensibilización y concienciación energética a escala urbana en el marco del proyecto global que se desarrolla en Málaga, el cual consta también con la promoción de la eficiencia energética en viviendas de bajas rentas en otra zonas de la ciudad.



Figura 2. Rehabilitación de edificios.



Figura 3. Sensibilización Social.

Fase de final de trabajos y programación de la monitorización. Para el desarrollo de la fase final de proyecto se plantean varias acciones de carácter participativo con la comunidad de vecinos; comenzando con unos talleres de formación en el mantenimiento de las instalaciones de eficiencia energética realizadas en el edificio, con objetivo de garantizar el buen uso y mantenimiento por parte de los residentes; así como la potencial creación de grupos internos de gestión que monitoricen el funcionamiento del sistema e interlocutor con el departamento del operador municipal de vivienda social y agentes de mantenimiento. Estos cursos aportan un segundo beneficio a la comunidad, pues pretenden fomentar la integración social de personas en riesgo de exclusión social, mediante la formación e inserción laboral en cuestiones tan innovadoras como en nuestro contexto como es la rehabilitación energética.

Durante, el primer año de funcionamiento del nuevo sistema se implementara un proyecto de monitorización para optimizar los rendimientos de producción de ACS combinada entre los paneles solares térmicos y el motor de micro-cogeneración.

Como enfoque conclusivo de proyecto, también se plantea un proceso de regeneración urbana integral de los espacios comunes exteriores y anexos al edificio, los cuales quedan deteriorados después del proceso de obras, con el objetivo de involucrar a toda la comunidad en las labores de mejora de su entorno directo, cerrando el proyecto y garantizando una evaluación social positiva del mismo.

PERIODOS DE AMORTIZACIÓN

En la tabla siguiente se presentan las medidas de intervención, coste integral por medida e importes correspondientes a cada vivienda. Considerando como única medida amortizable la correspondiente al sistema de generación de la ACS de paneles solares térmicos y micro-cogeneración; manejamos unos periodos de amortización próximos a 5 años., estimando unos mínimos de consumo de energía para ACS pre-intervención por vivienda en torno a 30 euros; y sin incluir aún los costes de mantenimiento del sistema. Resultando unos periodos globales de amortización del total de intervenciones en el edificio proyecto cercanos a los 10 años.

Energy saving measures	Estimated cost per dwelling (€)	Total estimated cost (€)
Solar thermal panels combined with gas-fired cogeneration for producing domestic hot water	1.525,70 Euro	213.597,88 Euro
External insulation of the roof + Improvement of natural cross-ventilation through openings in the central patio	296,97 Euro	41.575,56 Euro
External thermal insulation of the roof of the basement	73,49 Euro	10.288,49 Euro
External thermal insulation of façade	1.250,74 Euro	152.309,17 Euro
General costs (E.g. health and safety requirements etc.)	65,37 Euro	9.152,34 Euro
Extra EE Measures to be carried out in 2014	427,69 Euro	59.876,57 Euro
Total cost per dwelling (€)	3.639,96 Euro	509.594,81

Figura 4. Costes.

El debate que se abre con esta experiencia piloto refleja un enfoque de rehabilitación energética en vivienda social donde se alcanzan óptimos equilibrios entre la inversión acometida, capacidad económica de los residentes para mejorar los niveles de confort y la realidad de los consumos energéticos.

El objetivo inicial del proyectos se alcanza al conseguir establecer una mejora de las características de comportamiento térmico del edificio hasta una clasificación energética D, con consumos para ACS casi nulos, así como se mantiene despreciables los consumos para el acondicionamiento térmico (permaneciendo similares a los originales, aunque se haya mejorado el confort, pues la pobreza energética de los residentes hace sean constantes dichos consumos; inclusive en la hipótesis que el edificio se deteriorase la comunidad no tendría opciones de mejorar el confort debido a las condiciones socio-económicas de las familias). Resultando inviable acometer mayores intervenciones, pues no se prevén conseguir ahorros energéticos, pues ya que estos son casi nulos, no existen vías de amortización. Pero, al mismo tiempo, la intervención garantiza unos mínimos de habitabilidad y generación de energías renovables, que reduce drásticamente la pobreza energética a la que se enfrentan los residentes.

Gracias a las encuestas realizadas y los 20 contadores inteligentes, se pudo constatar que los consumos en climatización (calefacción o refrigeración) son despreciables e irregulares; instalados en diversas viviendas, con diferentes orientaciones y alturas, y variedad en las características de los núcleos familiares beneficiados; siendo muchos los factores que pueden afectar a los datos obtenidos (situación económica momentánea de la familia, climatología extrema y confort interno, adaptabilidad frente a las temperaturas de cada persona). Los consumos de aparatos eléctricos monitorizados (o aquellos que utilicen otra fuente de energía) de producción de energía térmica no reflejaban consumos.

Por tanto, el mejorar las condiciones de confort resultaba imperativo para alcanzar un adecuado nivel cualitativo de habitabilidad, pues se demuestra que los residentes no cuentan con márgenes económicos para afrontar los consumos derivados de las demandas energéticas ilustradas en las clasificaciones energéticas del edificio, independientemente de la clase en la que nos encontremos. Por estos motivos, las mejoras que afectan al edificio son difícilmente amortizables, pero responden a unos mínimos social y técnicamente fijados en proyecto.

Sin embargo, las medidas de producción de energía con fuentes renovables, afectan directamente a la reducción de consumos, por lo tanto son amortizables. La conclusión de estos resultados no lleva a afirmar que la combinación de intervenciones, que contemplen ambas tipologías de medidas (calidades y comportamiento térmico de la arquitectura del edificio = no amortizable; introducción de producción de energía renovable = amortizable), deben fijarse como requisito para las futuras intervenciones en edificación colectiva de vivienda social.

CONCLUSIONES

Nos encontramos ante un caso práctico de estudio donde confluyen una serie de factores que identifican un edificio de vivienda social de consumo real de energía casi nulo, con un índice elevado de pobreza energética y, tras, una intervención para la mejora del rendimiento energético del edificio, los consumos energéticos para el acondicionamiento y producción de ACS del edificio y viviendas son nulos o despreciables; y, remarcando que, las condiciones de confort han mejorado, pues el edificio alcanza en la actualidad la clasificación energética D.

Como conclusión del piloto de experimentación en el contexto climático de Málaga (Heating degree Days in Malaga: 847) podemos afirmar que existen fórmulas para una rehabilitación energética en vivienda social con criterios de Edificios de Energía Casi Nula, considerando los diversos factores técnicos, financieros, sociales y medioambientales que optimizan la actual selección de las soluciones de medidas de mejora de la eficiencia energética; donde se contemplan la amortización de la intervención y mínimos de confort térmico (bajo criterios de clasificación energética y consumos reales de energía).

Con el ángulo de visión del contexto social de una rehabilitación energética, resulta fundamental considerar estos mínimos de calidad de vida y condiciones de habitabilidad de las viviendas, sin incurrir en medidas/costes injustificables, o bien por la tecnología aplicada con dificultad de mantenimiento y garantía de durabilidad, así como imposibilidad de amortización, por el elevado coste, de las soluciones con las que se alcanzan hasta las mejores clasificaciones energéticas.

Las autoridades públicas no pueden garantizar elevadas prestaciones y niveles de confort óptimos en muchos de los edificios que gestionan, especialmente cuando los gastos reales de energía son despreciables para el contexto climático específico, y además no responden a las prioridades de mejora de los residentes. Pero sí es necesario intervenir rehabilitando, donde se puedan combinar soluciones de mejora arquitectónica (largos periodos de amortización) que afecten principalmente al confort interno de los hogares, e instalaciones de energías renovables (cortos periodos de amortización) que

repercutan directamente en la reducción del uso de energía primaria y la factura energética de los residentes.

Este edificio responde al concepto NZEB, considerando que tras la rehabilitación, tiene una clase energética D, donde se demuestra una demanda teórica superior a los consumos reales de energía de los residentes; con los cuales no se alcanzan los valores de confort perseguidos en días/año. Los consumos reales son notablemente inferiores a los teóricos establecidos por la clase energética D.

Nos encontramos ante un edificio residencial de bajas rentas (LIH) de CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULA con valores de consumo reales para calefacción y refrigeración inferiores a los establecidos por la Clase energética A; y consumos casi nulos para la producción de ACS.

EL PROYECTO BRICKER: ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN PARA LA DISMINUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EDIFICIOS PÚBLICOS

Jose M. Maseda, Investigador, Tecnalia Research & Innovation

Francisco Rodríguez Pérez-Curiel, Investigador, Tecnalia Research & Innovation

Resumen: El objetivo del proyecto europeo BRICKER es el desarrollo de un sistema escalable, adaptable, de alta eficiencia energética para la rehabilitación de edificios públicos no residenciales, que permita lograr una drástica reducción del consumo energético y de los gases de efecto invernadero en este tipo de edificios. El sistema se fundamenta en: soluciones de rehabilitación de la envolvente para la reducción de la demanda mediante tecnologías innovadoras; tecnologías de producción de energía cero-emisiones mediante sistemas de cogeneración innovadores que utilizan recursos renovables disponibles en el entorno; y desarrollo de estrategias de integración y operación para la implementación de la solución, así como guías para el diseño, puesta en marcha y mantenimiento de las soluciones desarrolladas.

Palabras Claves: Cero Emisiones, Cogeneración, Edificios Terciarios, Rehabilitación Energética

INTRODUCCIÓN

Los edificios terciarios suponen un porcentaje cercano al 25% del parque total edificado en Europa, y dadas sus características constituyen un sector más heterogéneo y complejo que el residencial, en cuanto a uso y características constructivas. Se estima que de este parque no residencial, la mayor parte se dedica al uso comercial, seguido por el uso de oficinas. En cuanto a su propiedad, se estima que el 31% del parque edificado no residencial en Europa es de titularidad pública (BPIE, 2011), lo que convierte a este segmento en el marco más adecuado para desarrollar el papel ejemplarizante que la Directiva 2012/27/EU demanda de las administraciones públicas.

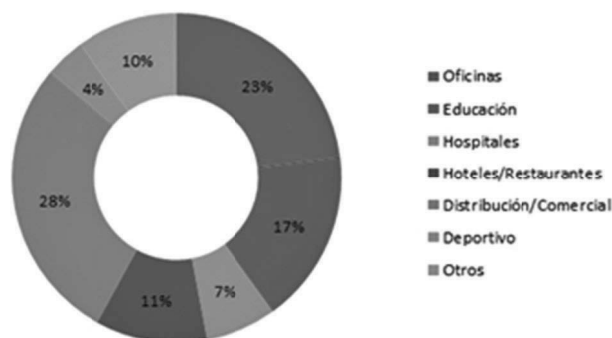


Figura 1. El parque edificado no residencial en Europa.

El estudio y caracterización del consumo energético y las emisiones asociadas al sector de la edificación no residencial revisten una especial complejidad, dado que los consumos parciales de diferentes usos energéticos (calefacción, refrigeración, iluminación, ventilación, y otros equipos) sufren gran variación en función del uso del edificio. En cualquier caso, se detecta una tendencia general al incremento del consumo de energía eléctrica (en los últimos 20 años, el consumo eléctrico en los edificios no

residenciales en Europa ha aumentado un 74%), debido principalmente al incremento de penetración de equipamientos TIC, sistemas de aire acondicionado etc.

Del análisis combinado de las intensidades energéticas y los esquemas de propiedad de los diferentes usos de edificios no residenciales, podemos extraer las siguientes conclusiones:

- Los edificios con mayor tasa de titularidad pública (Oficinas, equipamientos educativos, deportivos y hospitalarios) presentan en general una alta intensidad energética (consumo anual de energía por unidad de superficie).
- Analizando la tendencia en los usos energéticos de los últimos 20 años, vemos cómo el gas y la energía eléctrica son las fuentes más utilizadas, y su tendencia es al alza, en detrimento de los combustibles.

Ante este escenario, se considera que para llevar este segmento del parque edificado hacia el paradigma EECN, se requiere un enfoque integral que contemple:

- La reducción de la demanda energética mediante tecnologías de optimización de la envolvente.
- El desarrollo e integración de soluciones de cogeneración basada en renovables que produzcan electricidad y calor de acuerdo a los recursos renovables disponibles localmente, tanto a escala del edificio como a escala urbana.
- Integración y optimización de los sistemas y su operación desde las perspectivas de coste y ciclo de vida.

EL PROYECTO

El proyecto BRICKER, participado por 18 socios de España, Alemania, Italia, Bélgica, Polonia y Turquía, bajo la coordinación de ACCIONA, con un presupuesto de 12M€ cofinanciado por la Unión Europea y con una duración de 4 años (2013-2017), plantea el desarrollo e implementación de un paquete de soluciones de rehabilitación para el parque de edificios públicos no residenciales, con el objetivo de conseguir reducciones drásticas (>50%) en su consumo de energía, basándose en:

1. Soluciones avanzadas para la rehabilitación de envolventes a través de la industrialización, del uso de aislantes innovadores y de ventanas multifuncionales de alto rendimiento.
2. El desarrollo de tecnologías “cero emisiones” de abastecimiento energético basadas en sistemas de cogeneración alimentados por fuentes renovables disponibles en el ámbito local.
3. El desarrollo de estrategias de operación, integradas y específicas de las tecnologías desarrolladas en el marco del proyecto, así como de guías para su diseño, puesta en marcha y mantenimiento.

MATERIAL Y MÉTODOS

Definidas estas tres líneas de trabajo, el proyecto se enfoca en el desarrollo e implementación de las siguientes tecnologías y metodologías:

Para la reducción de demandas a través del trabajo en la envolvente se plantean tres tecnologías innovadoras:

- Desarrollo de un compuesto aislante basado en espumas de Poliuretano con PCMs embebidos. Dicho compuesto, mediante la adición de materiales de cambio de fase, incrementa la

capacidad térmica del aislante, al tiempo que aumenta su capacidad para almacenar energía. De este modo no solo se minimizan las pérdidas térmicas por la envolvente, sino que contribuye a mejorar el rendimiento y fiabilidad de los sistemas de abastecimiento térmico.

- Desarrollo de una fachada ventilada basada en materiales reciclados para la mejora del comportamiento de la envolvente térmica. A las ventajas tradicionales de este tipo de fachadas (buen rendimiento en verano e invierno, protección frente a lluvia, fácil industrialización, amplias posibilidades de diseño, etc.) se añaden las mejoras de sus características ambientales al contar con un novedoso sistema de anclaje basado en materiales reciclados, que contribuye a disminuir su impacto en términos de reducción de residuos, de coste y de energía embebida.
- Desarrollo de un sistema de ventilación con recuperación de calor integrado en las carpinterías, que pretende mejorar tanto los aspectos relacionados con el consumo energético asociado con la renovación de aire, como las implicaciones sobre la calidad del aire, especialmente relevantes en edificios de pública concurrencia.

En el ámbito de las tecnologías para el abastecimiento energético, se trabaja en las siguientes tecnologías:

- Desarrollo de un equipo de cogeneración basado en tecnología del Ciclo Orgánico de Rankine (ORC) para producir simultáneamente calor y electricidad, con una potencia eléctrica de 150kW y una potencia térmica de 600kW, alcanzando un rendimiento estacional del entorno del 20%. Este sistema puede ser integrado con diferentes fuentes de energía renovable. (biomasa, solar térmica, geotermia, etc.)
- Desarrollo de captadores solares cilindros parabólicos integrables en la cubierta de los edificios, con temperatura de salida de 270 a 300°C, optimizados para dar servicio al sistema de ORC.

Finalmente, el proyecto trabaja en el desarrollo de un sistema de control integral del conjunto de las tecnologías desarrolladas, acoplado a una base de datos climáticos y predicciones meteorológicas para la optimización de los recursos renovables locales en tiempo real.

Tras la primera fase de desarrollo de las diferentes tecnologías, el proyecto demostrará el sistema BRICKER en tres edificios reales, en diferentes condiciones de uso, climáticas y constructivas. Se han identificado para ello tres edificios públicos localizados en Bélgica (uso docente), España (uso administrativo) y Turquía (uso sanitario).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los edificios no residenciales encierran uno de los principales potenciales de ahorro energético del parque edificado en Europa, a la vez que se constituyen como un sector muy adecuado para visibilizar el papel incentivador y ejemplarizante que las administraciones públicas deben tomar en el impulso a la rehabilitación energética.

Hospitales, oficinas y centros educativos contienen el potencial de ahorro energético más alto para las administraciones públicas.

Las soluciones a diseñar requieren de un alto grado de integración tecnológica, así como de un planteamiento integral

El Proyecto BRICKER propone un paquete de soluciones integral para una disminución drástica del consumo de energía de los edificios públicos no residenciales, con las siguientes características:

- Soluciones limpias y eficientes: La minimización de la demanda a causa de las intervenciones en la envolvente, el uso de energías renovables y la optimización en la operación de los sistemas a través de tecnologías de control aseguran un incremento drástico en la eficiencia de la solución integral desarrollada por BRICKER.
- Soluciones rentables: Se estima que el periodo de retorno de las inversiones contempladas en el paquete BRICKER será de 7 años, dada la reducción de demanda, la auto generación de energía, y las reducciones de intensidad energética esperadas. Adicionalmente, la aplicación de economías de escala a la solución integral desarrollada puede mejorar esta tasa de retorno, contribuyendo a su mejor replicabilidad.
- Soluciones replicables: La diversidad de escenarios de rehabilitación a escala europea está considerada en el Proyecto, y junto a la implementación de tres demostradores en condiciones muy diversas, contribuirán a demostrar de manera práctica, la flexibilidad y replicabilidad de la solución integral desarrollada.
- Soluciones escalables: Las tecnologías desarrolladas son, por planteamiento y diseño, fácilmente escalables, y adaptables a escenarios tanto de edificio único como de entorno urbano.

Se desarrollan y demuestran diferentes soluciones tecnológicas para la rehabilitación de envolvente y el abastecimiento de energía (térmica y eléctrica) basadas en fuentes renovables.

Las soluciones desarrolladas se demostrarán en edificios reales, y se habilitarán instrumentos para maximizar su impacto y replicabilidad en el parque público no residencial en Europa.

RECONOCIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Comisión Europea, por su apoyo a través del 7º Programa Marco de Investigación y Desarrollo (2007-2013), así como a los integrantes del consorcio que participa en el proyecto, sin cuya participación éste no sería posible: Acciona Infraestructuras S.A, Fundación CARTIF, CEMOSA, Consejería de Agricultura, Desarrollo rural, Medio Ambiente y energía de la Junta de Extremadura, Fundación Tecnalia Research & Innovation y Expander Tech S. L. (España), Accademia Europea Bolzano, Fondazione Bruno Kessler, Laterizzi Gambetola SRL (Italia), Steinbeis Innovation GmbH (Alemania), Dokuz Eylül Üniversitesi Onur Enerji, Ozyegin University (Turquía), Purinova (Polonia), Greencom Development, Province de Liege, Université de Liege, y Youris.com (Bélgica).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Buildings Performance Institute Europe (BPIE), *Europe's buildings under the microscope*, 2011.

Directiva 2012/27/EU, de Eficiencia Energética en la edificación (refundida).

PROYECTOS TABULA Y EPISCOPE: CARACTERIZACIÓN DEL PARQUE CONSTRUIDO COMO HERRAMIENTA PARA EL DESARROLLO DE POLÍTICAS DE REHABILITACIÓN EFECTIVAS

Begoña Serrano Lanzarote, Coordinadora área rehabilitación, Instituto Valenciano de la Edificación (IVE)

Sandra García- Prieto Ruiz, Arquitecta, Instituto Valenciano de la Edificación (IVE)

Laura Soto Francés, Arquitecta, Instituto Valenciano de la Edificación (IVE)

Leticia Ortega Madrigal, Doctora arquitecta, Instituto Valenciano de la Edificación (IVE)

Resumen: El desarrollo de políticas de rehabilitación y regeneración urbana necesita de una caracterización del parque construido a nivel Europeo: no podemos intervenir de forma eficiente sobre aquello que no conocemos. En este contexto surgen los proyectos TABULA y EPISCOPE (programa Energía Inteligente Europa). El principal objetivo del proyecto TABULA consistió en establecer un protocolo para la caracterización del parque edificado desde el punto de vista energético. EPISCOPE, partiendo de TABULA, tiene como objetivo la monitorización del comportamiento energético del parque europeo de edificios y el estudio de futuros escenarios de actuación.

Palabras Claves: Comportamiento Energético, Monitorización, Regeneración Urbana, Rehabilitación

INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética de los edificios está relacionada con una serie de parámetros como el período de construcción, el tamaño del edificio, la situación respecto a los edificios vecinos, el tipo y la antigüedad de las instalaciones y las medidas de ahorro energético ya implementadas. Conociendo estas características de un edificio es posible dar una estimación rápida de su nivel de eficiencia energética, permitiendo reducir el esfuerzo para evaluar energéticamente una cartera de edificios (municipios, empresas de vivienda) o el parque de edificios de un país.

El término "tipo de edificio" hace referencia a una descripción sistemática de los criterios para la definición de edificios representativos, así como a un conjunto de edificios ejemplo. En las últimas décadas, ha habido diferentes ejemplos de clasificaciones tipológicas de edificios en diferentes países europeos. La idea del proyecto EIE TABULA ha sido estudiar las clasificaciones existentes para llegar a un enfoque común en el campo de los edificios residenciales. El enfoque se ha centrado en el consumo de energía para calefacción y agua caliente. El objetivo general ha sido permitir la comprensión de la estructura y de los procesos de rehabilitación del sector residencial en los diferentes países y - a largo plazo - aprender unos de otros sobre las estrategias de ahorro energético que han obtenido buenos resultados.

TABULA

Proyecto EIE TABULA en pocas palabras

Durante el proyecto EIE Tabula se desarrollaron tipologías de edificios residenciales para 13 países europeos. Cada tipología nacional consiste en un sistema de clasificación del parque de edificios según su tamaño, antigüedad y otros parámetros y un conjunto de edificios ejemplo que representan los diferentes tipos de edificios. Cada socio participante en TABULA ha publicado las clasificaciones tipológicas de su país en su idioma oficial mediante "Folletos de tipologías de edificios". Todos los

folletos nacionales explican las características energéticas de los diferentes tipos de edificios ilustrando las medidas a adoptar para una mejora de la eficiencia energética de una forma gráfica.

Cómo resultado más reseñable, y de cara al intercambio de información a nivel europeo, la "Herramienta Web TABULA" proporciona un cálculo online de los edificios ejemplo de todos los países participantes, mostrando sus características energéticas y los posibles ahorros energéticos logrados mediante la aplicación de medidas de rehabilitación energética. La base de la herramienta Web TABULA es un procedimiento sencillo y transparente para el cálculo de la demanda y el consumo energético, energía primaria, emisiones de CO2 y costes. Además del procedimiento de cálculo utilizado para poder comparar entre los diferentes países, se ha efectuado también una calibración de los valores obtenidos con los consumos reales - con la intención de permitir una evaluación realista del consumo energético y del ahorro que se podría obtener.

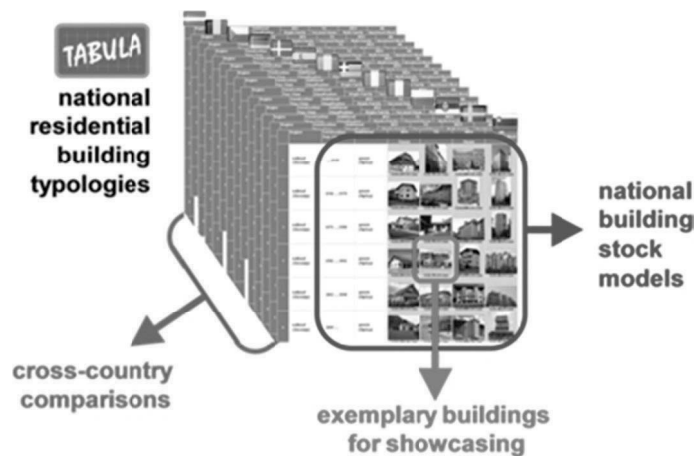


Figura 1. Tabula, clasificación de tipologías de edificios.

¿En qué consiste una clasificación tipológica de edificios?

Una clasificación tipología de edificios consiste en una tipificación de los parámetros que afectan a un edificio. En el proyecto TABULA se pone especial énfasis en la evaluación energética de los edificios y en la mejora de su eficiencia, de esta forma, el concepto de tipología del proyecto se centra en los parámetros relacionados con el consumo de energía. Cada tipología queda definida mediante edificios tipo con parámetros específicos, entre los cuales los más importantes son:

- Periodo de construcción del edificio
- Tamaño del edificio: Casas unifamiliares aisladas, casas unifamiliares en hilera, edificios plurifamiliares o bloques de apartamentos.

Estos dos parámetros constituyen los ejes de la matriz tipológica de edificios. Existen otros parámetros en un edificio que también tienen una influencia en el consumo de energía y que deben ser considerados en la clasificación:

- Tipo y antigüedad de los equipos de climatización.
- Localización regional: Las características del edificio relacionadas con la energía pueden variar de región a región. Con este apartado, aquellos países que tienen una amplia gama de zonas

climáticas pueden hacer una distinción entre las diferentes regiones ya sea añadiendo clases especiales o estableciendo tipologías completas para cada región.

La estructura y características de las tipologías de cada país se exponen de la siguiente manera:

- Una “Matriz de edificios” que da una visión general de los tipos establecidos en la clasificación. El IVE ha desarrollado a lo largo del desarrollo del proyecto TABULA la matriz de edificios para España correspondiente a tres zonas climáticas: Clima Atlántico Norte, clima continental y clima Mediterráneo.
- Una “ficha individual” para cada tipo edificatorio en la que se reflejen las propiedades térmicas (tipo de construcción, transmitancias de la envolvente térmica, sistemas de climatización); las medidas de ahorro adecuadas para cada elemento constructivo y las instalaciones (por ejemplo el grosor de aislamiento necesario, nuevas transmitancias, sistemas de climatización eficientes) y los potenciales de ahorro.

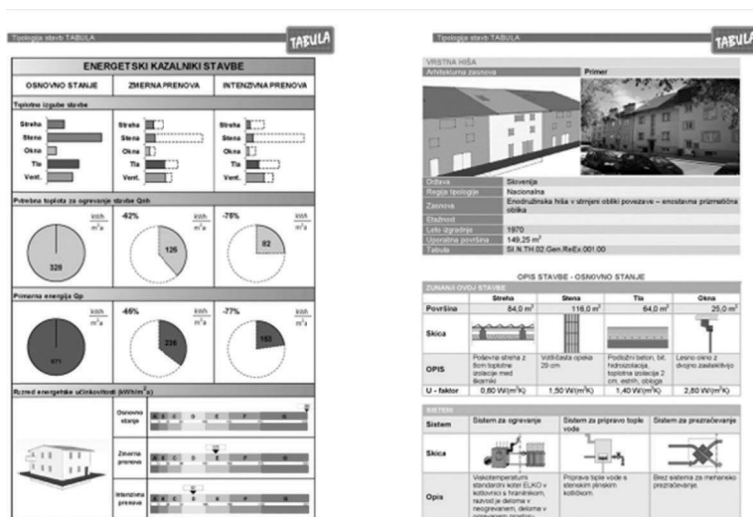


Figura 2. Fichas de clasificación.

Herramienta Web de tipologías edificatorias

Con la intención de permitir un acceso fácil e intuitivo al concepto TABULA y a sus posibles aplicaciones se ha creado una aplicación web dirigida a expertos en eficiencia energética de edificios de toda Europa. La herramienta ofrece la opción de explorar de manera interactiva las diferentes características de las tipologías de edificios residenciales y comprender fácilmente el procedimiento de cálculo empleado. La herramienta web de TABULA cumple las siguientes funciones:

- Visualización de las clasificaciones tipológicas de los diferentes países.
- Consulta de las características asignadas a cada tipo de edificio, tanto las características constructivas como los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria que le han sido asignados.
- Cálculo de la demanda y el consumo de energía de cada tipo de edificio a partir del método de cálculo común establecido y a partir de la calibración establecida para cada país según los datos disponibles.
- Cálculo del ahorro de energía de cada tipo de edificio en relación a dos niveles de medidas de mejora energética, un nivel estándar y un nivel avanzado.

- Posibilidad de variaciones dentro de cada tipo en función de los sistemas constructivos y las instalaciones asignadas.

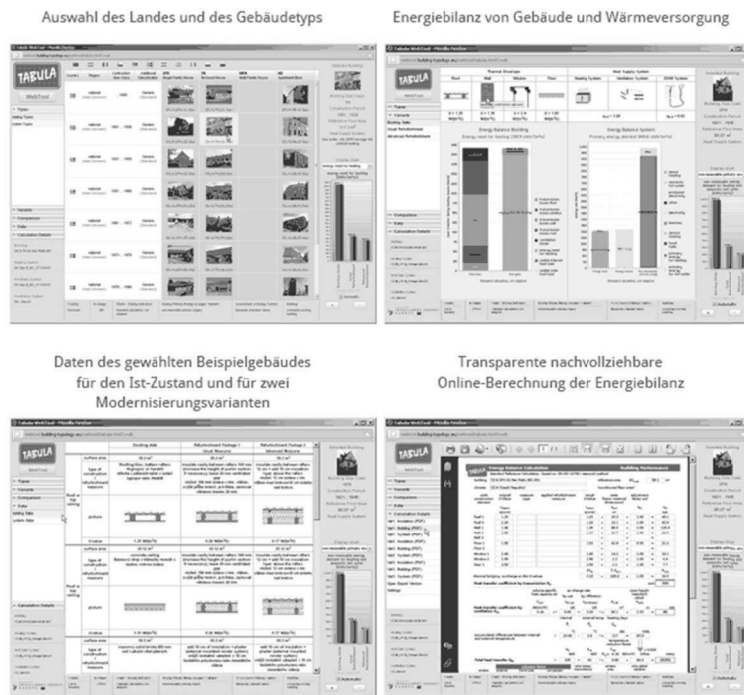


Figura 3. Webs Tabula en diferentes partes.

Recomendaciones y perspectivas

La tipología constructiva han resultado ser un buen medio para poder exponer las medidas de rehabilitación y sus beneficios tanto para los edificios individuales como para el conjunto del parque de edificios. Los socios de TABULA están decididos a preservar y difundir las tipologías nacionales elaboradas y desarrollar aún más algunos aspectos.

EPISCOPE

Modelos del parque nacional de viviendas - la base del proyecto EIE EPISCOPE

Un objetivo importante de establecer tipos edificatorios nacionales es la elaboración de modelos que permitan un cálculo del consumo de energía del parque nacional de viviendas. Un campo de aplicación es el análisis del potencial de ahorro energético del parque de viviendas nacional o regional, así como el diseño y la evaluación de las estrategias políticas a llevar a cabo.

El conjunto de edificios ejemplo puede ser utilizado directamente como modelo siempre que se disponga de estadísticas en relación a las frecuencias de los tipos de edificios y de sus instalaciones. Los edificios ejemplo se consideran en este caso una pequeña muestra de la población. También sería posible combinar diferentes tipos y obtener un pequeño número de "edificios promedio".

Siguientes pasos

El consorcio a cargo del proyecto TABULA está ahora a cargo del desarrollo del proyecto europeo EPISCOPE “Energy Performance Indicator Tracking Schemes for the Continuous Optimisation of Refurbishment Processes in European Housing Stocks”, continuación del proyecto anterior y que utiliza sus resultados con una nueva meta.

La iniciativa tiene como objetivo hacer que los procesos de rehabilitación energética en el sector de la vivienda en Europa sean más transparentes y eficaces. Durante el proyecto se llevará a cabo la monitorización de los procesos de rehabilitación que están ejecutándose en los diferentes países participantes a diferentes escalas: local, regional o nacional.

El marco conceptual se basa en los tipos nacionales de edificios de viviendas desarrollados durante el proyecto TABULA. Durante el nuevo proyecto la clasificación tipológica se extenderá a 6 nuevos países.

En el proyecto participan un total de 16 instituciones y entidades de Alemania, Eslovenia, Dinamarca, Austria, Reino Unido, Grecia, Bélgica, Italia, República Checa, Irlanda, Hungría, Chipre, Holanda y Francia.

Los objetivos que persigue el proyecto son:

- Incorporar la tipología de edificios de energía casi cero a la herramienta web elaborada en el proyecto TABULA.
- Llevar a cabo acciones piloto en todos los países que participan en alguna de las escalas establecidas: local, regional o nacional.
- Establecimiento de un conjunto de indicadores de eficiencia energética que reflejen el estado de rehabilitación del parque de vivienda.
- Cálculos de escenarios para las el parque de viviendas considerado
- Identificación del incumplimiento las medidas necesarias para alcanzar los objetivos marcados por la legislación europea y propuesta de acciones correctivas necesarias para poder alcanzar dichos objetivos.
- Participación de los principales actores interesados en la discusión de las medidas adecuadas a adoptar.



Figura 4. Necesidad de actualización constante.

CONCLUSIONES: TIPOLOGÍA EDIFICATORIA EN EL CONTEXTO DE LAS ESTRATEGIAS DE AHORRO ENERGÉTICO

Para el desarrollo de políticas efectivas en materia de rehabilitación de edificios y de regeneración urbana es necesario una caracterización del parque construido a nivel Europeo: no podemos intervenir de forma eficiente e inteligente sobre aquello que no conocemos. En este contexto surgen los proyectos TABULA y EPISCOPE. Ambos proyectos han sentado las bases para el desarrollo de políticas a nivel europeo. La clasificación tipológica elaborada durante el desarrollo del proyecto EIE TABULA conforma un banco de datos del parque residencial de edificios de los diferentes países. Esta base de datos ofrece diferentes oportunidades de aplicación: Los edificios ejemplo pueden ser usados para realizar una primera estimación del potencial de ahorro energético de edificios reales. Asimismo el conjunto de edificios ejemplo se puede utilizar para modelizar la demanda energética de los parques residenciales nacionales, objetivo fijado por el proyecto EPISCOPE. Desde un punto de vista europeo, el enfoque armonizado del proyecto TABULA proporciona un marco para comparar los parques de edificios residenciales de los diferentes países en relación a su eficiencia energética.

PROYECTO EUROPEO POWER HOUSE NZEB CHALLENGE. ESTUDIO DE CASO PILOTO

Begoña Serrano Lanzarote, Doctora Arquitecta, Coordinadora área de rehabilitación,
Instituto Valenciano de la Edificación

Leticia Ortega Madrigal, Doctora Arquitecta, Instituto Valenciano de la Edificación

Sandra García-Prieto Ruiz, Arquitecta, Instituto Valenciano de la Edificación

Laura Soto Francés, Arquitecta, Instituto Valenciano de la Edificación

Resumen: El proyecto tiene como objetivo identificar los obstáculos y desafíos que las promotoras de vivienda social se encuentran para alcanzar los objetivos NZEB. En concreto se están estudiando casos reales en España, tanto de obra nueva como rehabilitación, desde el punto de vista de la metodología de coste óptimo, considerada en la Directiva Europea sobre Eficiencia Energética. Se pretende generar conocimiento que ayude a definir el concepto NZEB. Se han obtenido datos reales de consumo energéticos para desarrollar los correspondientes análisis sobre coste óptimo. En concreto en el presente artículo se presenta un caso piloto de un edificio con clase energética A y promovido por el Patronato Municipal de la vivienda de Barcelona.

Palabras Claves: clase energética A, consumo energía casi cero, coste óptimo, proyecto europeo

El Proyecto

La Comisión Europea, en su intento de promocionar el ahorro energético en el sector civil, promueve el proyecto Nearly Zero Challenge, enmarcado en la plataforma Intelligent Energy y coordinado por la plataforma CECODHAS Housing Europe, de la que forma parte AVS y que continúa con el trabajo realizado en el anterior proyecto Power House Europe. En esta nueva fase se aborda una reflexión para implementar cambios muy profundos dentro del sector, derivados de la aplicación de las diversas Directivas Europeas y que constituyen todo un desafío para reducir el consumo de energía en los hogares sociales de los socios europeos. Adaptarse al nuevo panorama energético es muy complejo. A partir del trabajo de los Estados miembro en la definición y regulación de los "edificios de energía casi cero", CECODHAS Housing Europe aborda el trabajo del "Nearly Zero Challenge" como una red para el intercambio y transmisión de conocimientos entre los agentes de la vivienda social en toda Europa.

Los representantes de los Estados miembros tendrán la oportunidad de compartir ideas y experiencias, y de aprender de los demás, especialmente con respecto a los costes y a las dificultades prácticas que surjan en el intento de cumplir con los ambiciosos requisitos derivados de estas nuevas directivas sobre eficiencia energética de los edificios, pudiendo trasladar después a los responsables políticos los resultados de sus investigaciones en este profundo cambio. El consorcio del proyecto trabajará en cuatro áreas:

1. Edificios de energía casi cero en clima frío continental.
2. Edificios de energía casi cero en clima mediterráneo.
3. Edificios de energía casi cero en la propiedad indivisa.
4. Aspectos financieros de edificios de energía casi cero en caso de rehabilitación o nueva construcción.

AVS, como socio del proyecto, es responsable junto con FEDERCASA de la coordinación del grupo de trabajo sobre el clima mediterráneo y tiene la tarea de identificar los diferentes aspectos que

caracterizan a los edificios en los países de nuestro entorno, los materiales autóctonos y las estrategias idóneas a seguir, además de realizar labores de formación en esta materia.

Uno de los trabajos que se están desarrollando dentro de dicho grupo, en colaboración con el Instituto Valenciano de la Edificación, es analizar y monitorizar los consumos energéticos de cinco edificios, tres de obra nueva y dos de rehabilitación, cuyo diseño podría acercarse a la definición de “edificio de consumo casi cero” contemplada en la Directiva Europea y todavía pendiente de definición en nuestro país. La selección de dichos edificios viene motivada por haber alcanzado una letra energética A y considerando que este podría ser un punto de partida para la definición buscada. Para profundizar en esta definición, se pretende aplicar a uno de los edificios seleccionados la metodología del coste óptimo (BPIE). El edificio seleccionado ha sido promovido por el Patronato Municipal de la Vivienda de Barcelona y está ubicado en la calle Roc Boronat, números 102 y 104 de Barcelona. La promoción ha sido proyectada por el equipo de SaAS (Joan Sabaté, Horacio Espeche, Neus Ayza) y consta de 92 viviendas.

Características generales del edificio

Características arquitectónicas y urbanísticas

El edificio se ubica en un solar triangular, hecho que ha condicionado su morfología final. (Imagen 1 y 2), como un volumen único dispuesto a lo largo del perímetro y liberando el espacio interior para crear un patio que agrupa los núcleos de comunicación verticales y da acceso a las viviendas. Todo el volumen se comunica con el exterior a través de dos conexiones, que permita comunicar el patio interior con el exterior, configurando el acceso desde la calle.

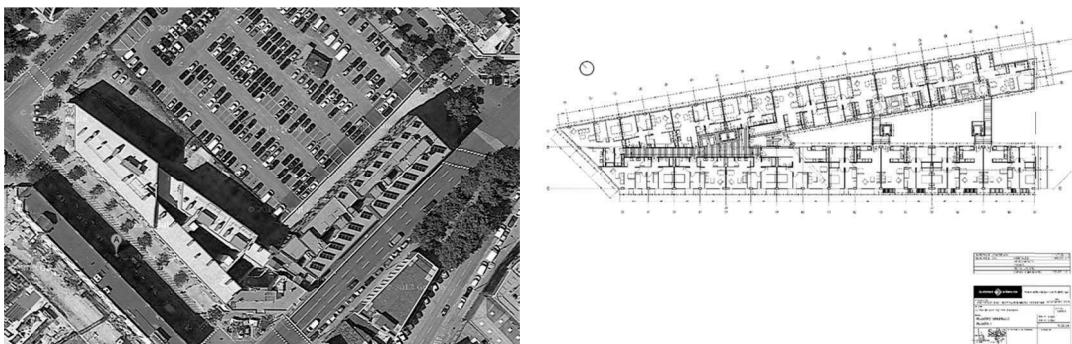


Figura 1. Izquierda: Vista aérea del edificio (Fuente: google maps). Derecha: Planta de distribución tipo (Fuente: archivo Patronato Municipal vivienda de Barcelona).

Características energéticas del edificio

Se trata de la primera promoción de viviendas del Patronato que se conecta a la red de Districlima situado en el 22 @ y que suministra calor para el calentamiento del agua sanitaria y la calefacción. También se ha dejado prevista la conexión a la red de agua fría para la producción de frío. En principio, para el calentamiento del agua sanitaria del edificio se dispuso una instalación de captadores solares térmicos en cubierta, que no llegó a ejecutarse, dado que estaba garantizado su suministro a través de la red de Districlima.

Tanto el consumo de calefacción como el agua caliente sanitaria de cada vivienda están contabilizados y facturados en correspondencia a cada usuario.

Para reducir la demanda energética, la construcción dispone de un espesor de aislamiento muy superior al que exigen las legislaciones vigentes, con minimización de los puentes térmicos, con lo que se consigue una transmitancia térmica de las fachadas inferior a $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Figura 2. Izquierda: Vista exterior del bloque lineal recayente a la calle (Fuente: archivo Patronato Municipal vivienda de Barcelona). Derecha: Sección trasversal (Fuente: archivo Patronato Municipal vivienda de Barcelona).

Los cerramientos exteriores, de panel sándwich de cartón-yeso y estructura galvanizada, se doblan exteriormente con una fachada ventilada que mejora el confort estival y garantiza así unas condiciones higrotérmicas excepcionales (mejora del aislamiento, capacidad de inercia y permeabilidad al vapor de agua) (Figura 3).

En concreto se ha dispuesto un aislamiento térmico de lana de roca de 10 cm en el panel sándwich y, externamente, en la fachada ventilada una aislamiento de 4 cm también de lana de roca.



Figura 3. Fase de ejecución de la fachada ventilada (Fuente: archivo Patronato Municipal vivienda de Barcelona).

Las ventanas se han diseñado con un doble vidrio con cámara intermedia de espesores $6 + 14 + 4$ y la carpintería de madera laminada. Es interesante destacar que en los huecos se han instalado una protección solar con contraventanas correderas de lamas de madera que crean una segunda piel móvil

según las necesidades y las preferencias de los usuarios. En el lado de la calle, esta segunda piel se separa de la fachada creando pequeños balcones (Figura 4).



Figura 4. Protecciones solares correderas generando una doble piel. Fuente: archivo Patronato Municipal vivienda Barcelona.

Características de la climatización de distrito

Las promociones de 95 viviendas de Roc Boronat tienen acceso al primer sistema de red urbana de calor y frío de España, el Districlima. Este sistema, que supondrá un 20% de ahorro en el consumo eléctrico y una reducción del 50% de emisiones de CO₂, se basa en el aprovechamiento de vapor residual de la revalorización energética de residuos urbanos y la producción de frío mediante máquinas de absorción, enfriadas por agua de mar.

La climatización de distrito consiste en una red urbana de calor y frío o red centralizada de climatización (también llamada con el anglicismo distrito oro local heating and cooling system), es decir, un sistema centralizado de producción y distribución de energía térmica (frío y calor) a todo un barrio, distrito o municipio.

El sistema de Districlima de Barcelona se basa en el aprovechamiento de vapor residual de la revalorización energética de residuos urbanos y la producción de frío mediante máquinas de absorción, enfriadas por agua de mar a la planta propiedad de la empresa TERSA. Una red de conductos suministra calor y frío el distrito, con un ahorro en consumo eléctrico del 20% y del 50% de emisiones de CO₂ comparado con instalaciones descentralizadas.

Así pues, la central dispone de los elementos de producción de energía siguientes:

- Frío: con dos equipos de absorción de 4,5 MW c / u, un depósito de acumulación de agua fría de 5.000 m³, dos enfriadoras de 4 MW c / u y dos más de 7 MW c / u.
- Refrigeración: con tres intercambiadores de agua de mar / agua refrigeración máquinas de 12,5 MW c / u y una estación de captación de agua de mar de 5.000 m³ / h.
- Calor: con cuatro intercambiadores de vapor / agua de 5 MWh c / u y una caldera de gas de 20 MW (backup sólo en servicio si no hay disponibilidad de vapor).

RESULTADOS

El proceso de desarrollo del trabajo se ha estructurado en las etapas propias de una investigación de estas características.

En primer lugar se lanzó a través de AVS una solicitud a las distintas promotoras de vivienda pública en España para que indicaran los edificios, tanto en obra nueva como rehabilitación, que habían promovido en los últimos años y que tuvieran una calificación energética A. El proyecto requería que fueran edificios de consumo de energía casi cero. En España todavía no ha sido definido ese concreto, por lo que se asumió que podría ser similar a las prestaciones alcanzadas para conseguir una letra A en la eficiencia energética del edificio. Tras recibir contestación, se pudo comprobar que no habían sido construidos muchos edificios de esas características, por lo que ello supuso una limitación a la hora de seleccionar las construcciones. En consecuencia, se tuvo que analizar lo que había, no lo que se pretendía. Además tuvo una agravante y es que dichos edificios todavía no habían sido ocupados en su totalidad, en realidad tenían unos porcentajes relativamente bajos, hecho que producía que los datos sobre consumos no fueran los definitivos.

En una segunda fase, se inició un proceso de recogida de toda la documentación de los edificios relacionada con el proyecto de ejecución tanto de obra como de instalaciones térmicas, consumos de energía mensuales, etc.

Se definieron unos paquetes de soluciones energéticas sobre el edificio analizado y se evaluaron económicamente, intentando cuantificar los consumos energéticos y demandas. El objetivo final es crear tres bloques de mejoras correspondiendo cada una de ellas a diversos periodos normativos vinculados al CTE y que abracan los años 2006, 2013 y lo que podría ser la normativa al año 2020, incorporando ya el criterio de edificios de consumos casi cero. Además también se cuantificaron los gastos de mantenimiento de cada solución, ya sea constructiva o de instalaciones.

Combinación de medidas	Comentarios
Inicial	Inicial
C1	CTE2006 + district heating
C2	CTE2006 + caldera gas
C3	CTE2006 + caldera biomasa
C4	CTE2006 + bomba de calor
C5	CTE2013 + district heating
C6	CTE2013 + caldera gas
C7	CTE2013 + caldera biomasa
C8	CTE2013 + bomba de calor
C9	NZEB 2020+ district heating
C10	NZEB 2020+ caldera gas
C11	NZEB 2020+ caldera biomasa
C12	NZEB 2020+ bomba de calor

Figura 5. Relación de soluciones analizadas. Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, se evaluaron energéticamente todos los estados propuestos anteriormente, con la herramienta informática CERMA, acreditada por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, como documento reconocido para la certificación energética de edificios residenciales de obra nueva y existente. En la Figura 6, se representan los valores de demanda energética y consumo alcanzado con cada solución.

			Demanda kWh/m ² año	Consumo kWh/m ² año
		Inicial	34,50	5,80
CTE06	district heating	C1	36,70	10,00
CTE06	caldera de gas	C2	36,70	46,60
CTE06	caldera biomasa	C3	36,70	65,60
CTE06	bomba de calor	C4	36,70	15,70
CTE13	district heating	C5	28,50	5,50
CTE13	caldera de gas	C6	28,50	27,40
CTE13	caldera biomasa	C7	28,50	40,90
CTE13	bomba de calor	C8	28,50	9,10
NZEB	district heating	C9	22,80	4,60
NZEB	caldera de gas	C10	22,80	21,80
NZEB	caldera biomasa	C11	22,80	33,10
NZEB	bomba de calor	C12	22,80	7,50

Figura 6. Valores de demanda energética y consumo alcanzados. Fuente: elaboración propia.

Por último, con toda la información recogida se evaluaron los costes globales para cada una de los paquetes de soluciones propuestos, agrupados por cada uno de los tres bloques normativos considerados y considerando un periodo de 30 años. Para ello, se aplicó la metodología sobre coste óptimo desarrollada por el BPIE. Para ello se recurrió a lo especificado en la Directiva Europea de 2010 y que obliga a los estados miembros a asegurar que los requisitos mínimos de eficiencia energética de edificios se establecen con el fin de alcanzar niveles óptimos de rentabilidad. Según su artículo 5, la Comisión debe establecer un marco metodológico comparativo para calcular los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética. En este sentido la Comisión Europea elaboró una Reglamento Delegado para establecer dicho marco metodológico comparativo que han de utilizar los Estados miembros para calcular los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios nuevos y existentes y de sus elementos. En concreto se evaluaron los siguientes costes:

- Costes de inversión, incluyendo los de la construcción, los honorarios profesionales, coste de licencias, etc.
- Costes de funcionamiento. En este paquete se analizaron los costes de consume energético en el edificio para calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, incluyendo los correspondientes impuestos. Se ha efectuado una previsión de precios para cada uno de los tipos de energía considerados a lo largo de los 30 años que abarca el estudio. También se consideró la evaluación de costes por mantenimiento, tanto de los elementos constructivos como de las instalaciones. En este sentido, hay que indicar que fue difícil obtener precios oficiales de las correspondientes operaciones de mantenimiento y, finalmente, se optó por efectuar una variación basada en un porcentaje del coste de construcción de los elementos constructivos e instalaciones, variable atendiendo a la mayor o menor durabilidad de dichos elementos. No se han considerado otro tipo de gastos como pueden ser seguros frente a posibles daños en los elementos, por considerar un peso poco sensible respecto al total.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A continuación se apuntan las principales conclusiones en el desarrollo del trabajo.

Dificultad en encontrar ejemplos de edificios de vivienda social en España con una calificación energética de A. Además los edificios seleccionados todavía no están ocupados al cien por cien, por lo que los resultados de la monitorización no son todavía fiables.

Se constata la falta de información sobre los costes de operaciones de mantenimiento. En relación a instalaciones centralizadas sí que existe un mercado más o menos estable, pero no en relación a soluciones relacionadas con elementos constructivos.

También es importante considerar la escasa cultura de mantenimiento de edificios en España, hecho que ha derivado en un envejecimiento prematuro del parque residencial, con necesidades de reparación y renovación importantes, que dejan poco margen a la eficiencia energética. Esta ausencia de cultura del mantenimiento también ha provocado por ejemplo que, incluso en edificios de nueva planta, los sistemas de placas solares, de obligada instalación según la normativa vigente en España, no estén funcionando y se estén utilizando de manera sistemática los equipos de apoyo. Sería absurdo instalar equipos eficientes e innovadores si posteriormente, no se mantienen. Este es un problema mezcla de la desinformación, falta de cumplimiento de determinadas leyes, malas prácticas y hábitos, etc., que deriva en muchos problemas, no solo para la eficiencia energética.

Existen actualmente en el mercado soluciones innovadores en materia de eficiencia energética para el diseño de edificios de consumo casi cero, pero se constata una excesiva lentitud en la difusión e implantación de las mismas. Este hecho se ve acrecentado por la incertidumbre acerca de los ahorros que se pueden alcanzar y la inercia de un sector de la construcción bastante conservador todavía en España, con cierta reticencia hacia el empleo de nuevas soluciones, dado que no se tiene una experiencia validada en el tiempo.

En la Imagen 9. Se puede observar como el district heating diseñado en origen en el edificio presenta los costes globales menores en relación al resto sistemas. Por el contrario, el más caro resulta ser la bomba de calor, hecho justificado por la previsión de precios que es más elevada que en otro tipo de energías. Llama la atención el equipo de biomasa, pues genera los mayores consumos, aunque con unos costes cercanos al district heating.

RECONOCIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al Patronato Municipal de la Vivienda de Barcelona, en concreto a la persona de Joaquim Pascual, por todos los datos y documentos facilitados para poder analizar el edificio. Sin ello este trabajo no podría haberse desarrollado

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y Del Consejo, de 19 de Mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición)

REGLAMENTO DELEGADO (UE) N o 244/2012 DE LA COMISIÓN de 16 de enero de 2012 que complementa la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios, estableciendo un marco metodológico comparativo para calcular los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios y de sus elementos.

BPIE (Buildings Performance Institute Europe), Implementing the cost-optimal methodology in EU countries, Brussels, 2013. (http://bpie.eu/cost_optimal_methodology.html#UyIsU_I5ND0).

HERRAMIENTA ENERBUILCA PARA EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE EDIFICIOS Y SU ADAPTACIÓN AL CONTEXTO URBANO

Marina Isasa Sarralde, Responsable de Proyectos, Cátedra UNESCO de Ciclo de Vida y Cambio Climático (ESCI-UPF)

Cristina Gazulla Santos, Sub-Directora, Cátedra UNESCO de Ciclo de Vida y Cambio Climático (ESCI-UPF)

Ignacio Zabalza, Director de Grupo de Investigación, CIRCE

David Alejandro Zambrana, Jefe de Proyecto, CIRCE

Paulo Partidario, Unidade de Eficiência Energética, Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG)

Lucie Duclos, Project manager / Sustainable Construction Engineer, Nobatek- Centre de Ressources Technologiques

Xabat Oregi, Reseracher, TECNALIA

Resumen: El proyecto EnerBUILCA (SUDOE Interreg IV B y cofinanciado con fondos FEDER), ha puesto a disposición de los profesionales del sector de la construcción tres productos principales: una base de datos de impactos ambientales de productos de la construcción, una herramienta informática de aplicación de ACV en edificios y una plataforma on-line relevantes a España, Francia y Portugal. Su aplicación está contribuyendo a la promoción del estándar Edificios de Emisiones de Ciclo de Vida Casi Cero. El proyecto URBILCA, financiado por el mismo programa y en curso, amplía la escala espacial de la herramienta de ACV EnerBuiLCA, extendiendo los límites del sistema de los edificios a las áreas urbanas, e incluyendo la fase de fin de vida.

Palabras Claves: ACV, Edificación, Edificios de Emisiones de Ciclo de Vida Casi Cero, Urbanización

INTRODUCCIÓN

El impacto ambiental directo e indirecto (a lo largo de todo el ciclo de vida) de la edificación en Europa y en particular en España puede resumirse en las siguientes cifras:

- Entre el 33 y el 42% del consumo de energía primaria, la mitad del cual se destina a climatización.
- Entre el 35 y el 50% de las emisiones de GEI.
- El 40% del consumo de recursos minerales.
- El 50% de la generación de los residuos sólidos.
- El 18% del consumo total de agua y más aún si el análisis se realiza por cuencas.

A pesar del elevado impacto energético y ambiental que presentan los edificios y urbanizaciones en su fase de uso, es imprescindible también analizar el resto de fases del ciclo de vida. La reducción del impacto medioambiental de los edificios y urbanizaciones requiere la aplicación de metodologías de evaluación de impacto adecuadas, de carácter global, y que incluyan todas las etapas de su ciclo de vida.

Según la Comisión Europea (CE 2003; CE 2005a; CE 2005b; CE 2008), en la actualidad, la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) constituye el mejor marco disponible para evaluar los impactos ambientales potenciales de cualquier tipo de actividad, producto o servicio sin límites geográficos, funcionales o temporales, ya que se examinan todos los procesos seguidos por las materias primas, desde su extracción, transformación y uso hasta su retorno a la naturaleza en forma de residuos.

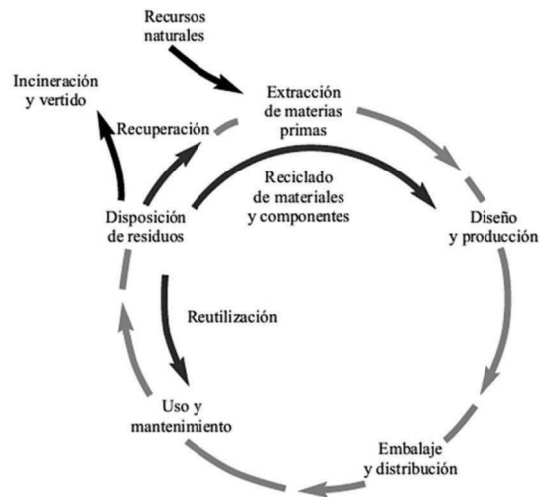


Figura 1. Ciclo de vida de un producto.

En general, la aplicación del ACV en la edificación conlleva una mayor complejidad con respecto a otros sistemas más sencillos, como por ejemplo, la fabricación de productos y componentes. Para asistir en la aplicación de esta metodología a los edificios, además de los estándares de ACV generales ISO 14040 (ISO 2006a) e ISO 14044 (ISO 2006b), existe un conjunto de estándares metodológicos publicados por parte del Comité Técnico 350 "Sustainability of construction works" del Comité Europeo de Normalización. Estos, proporcionan un método de cálculo basado en el ACV para evaluar el comportamiento medioambiental de un edificio y comunicar los resultados de dicha evaluación.

En lo referente al contexto urbano, no existe un marco Europeo que normalice la aplicación del ACV a las urbanizaciones. La Institución de Normalización Británica (BSI) sin embargo, ha publicado la norma PAS 2070:2013 (BSI 2013) que especifica como evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero de una ciudad o zona urbana teniendo en cuenta la perspectiva de ciclo de vida.

El uso del ACV y su aplicación a los edificios y contexto urbano es percibido por muchos como una metodología complicada que requiere de mucho tiempo para su aprendizaje y comprensión. Esta comunicación, presenta los esfuerzos realizados en el contexto del proyecto EnerBuiLCA para poner a disposición del sector de la edificación- no necesariamente experto en ACV- una herramienta de fácil manejo, gratuita y simplificada de aplicación del ACV en la edificación para promover la sostenibilidad en el sector. Se explica también el trabajo que se está desarrollando en la actualidad en la adaptación de esta herramienta al contexto urbano para reducir su impacto ambiental y promover el ahorro de energía, materias primas y la reducción de impactos ambientales derivados de la gestión de las áreas urbanas durante su ciclo de vida.

El proyecto: Herramienta EnerBuiLCA para el análisis del ciclo de vida de edificios y su adaptación al contexto urbano

En este contexto, y con el fin de promover la sostenibilidad en la construcción y rehabilitación de edificios, se concibió el proyecto EnerBUIECA "Life Cycle Assessment for Energy Efficiency in Buildings", financiado por el Programa SUDOE Interreg IV B y cofinanciado con fondos FEDER y ejecutado entre los años 2011 y 2012. El proyecto, ha puesto a disposición de los profesionales del sector de la construcción tres productos principales: una base de datos de impactos ambientales de productos de la construcción, una herramienta informática de aplicación de Análisis de Ciclo de Vida en edificios y una plataforma on-line; todos ellos relevantes a España, Francia y Portugal. La herramienta EnerBuiLCA, gratuita y de fácil

manejo, permite el cálculo de energía primaria y emisiones de CO₂ equivalentes asociadas a las fases de producción, construcción y uso de un edificio, mediante la introducción de información básica sobre el mismo por parte del usuario. En el primer año desde su lanzamiento, la herramienta ha sido testada para su validación en diferentes casos de estudio de España, Francia y Portugal y utilizada fundamentalmente por arquitectos del sector académico para obtener resultados comparativos de soluciones constructivas. Su aplicación está contribuyendo así a la promoción del estándar Edificios de Emisiones de Ciclo de Vida casi cero, inspirado en el concepto de Edificios de Energía Casi Nula.

El proyecto URBILCA, también financiado por el Programa SUDOE Interreg IV B y cofinanciado con fondos FEDER, surge de la posibilidad de capitalizar los productos y resultados del proyecto EnerBuiLCA. En lo que respecta a la herramienta EnerBuiLCA, se plantea la necesidad de ampliar la escala espacial del ACV, extendiendo los límites del sistema de los edificios a las áreas urbanas, concebidas como una agrupación de edificios e infraestructuras que proporcionan una serie de servicios y permiten el desarrollo de actividades como la movilidad de los habitantes. Asimismo, se identifica la necesidad de incorporar la fase de fin de vida a la evaluación de los edificios (y áreas urbanas). De este modo, en el marco del proyecto URBILCA, se está desarrollando una herramienta que permite modelizar el impacto ambiental y energético global de las áreas urbanas (y no sólo de los edificios) analizando la influencia de los distintos parámetros que intervienen en el diseño y la planificación urbanística del territorio. Esta herramienta se validará en 6 casos de estudio de diferentes regiones de España, Francia y Portugal.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el contexto de las herramientas adaptadas a la aplicación del ACV al sector de la edificación, desde el proyecto EnerBuiLCA se ha desarrollado un software que permite, la evaluación de los impactos ambientales de sus fases de producción, construcción y uso. En la actualidad, el equipo del proyecto URBILCA está trabajando en la adaptación de la herramienta EnerBuiLCA al contexto urbano, para incluir los impactos de ciclo de vida asociados a los procesos e infraestructuras del tratamiento de residuos, ciclo de agua y movilidad urbana, instalaciones para climatización y producción eléctrica y térmica, instalaciones de alumbrado público, explanaciones y movimientos de tierra y adsorción de CO₂ por las zonas verdes.

La herramienta EnerBuiLCA se basa en la metodología del ACV, como se describe en ISO 2006a y ISO 2006b. Las especificaciones técnicas y los métodos de cálculo que figuran en CEN 2010; CEN 2011a; CEN 2011b y CEN 2012 también se han considerado en el desarrollo de la herramienta.

Límites del sistema

La herramienta EnerBuiLCA permite la evaluación de las etapas de producción, construcción y uso de un edificio o solución constructiva. URBILCA ampliará los límites del sistema para incluir la etapa de fin de vida, no incluida en EnerBuiLCA.

En la *etapa de producción* se incluyen los procesos relacionados con el suministro de materias primas, el transporte hasta la puerta de la fábrica y los procesos de fabricación de los productos de construcción, incluyendo el tratamiento de los residuos derivados de estos procesos. URBILCA incluirá también los procesos de producción de las diferentes instalaciones e infraestructuras que dan servicio a las urbanizaciones y que se encuentran dentro del perímetro del área urbana.

La *etapa de construcción* incluye el transporte de los productos de construcción de la puerta de la fábrica al lugar de construcción, la demanda de energía de la maquinaria utilizada en esta fase y el transporte de los residuos generados en el lugar de construcción. URBILCA incluirá aquí las actividades

de movimientos de tierra y explanaciones asociados a los procesos de construcción de los diferentes elementos de la infraestructura urbana.

En la *etapa de uso* se tiene en cuenta la demanda final de energía para calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación, así como la contribución de los sistemas de energía renovable de los edificios. URBILCA considerará las actividades asociadas a la gestión de residuos sólidos urbanos; distribución, tratamiento y recogida de agua; movilidad urbana; adsorción de CO₂ por parte de zonas verdes y la demanda final de energía asociada al alumbrado, distribución de la electricidad y a la generación y distribución de calor y frío en el distrito, que se sumará a la de los edificios. Se incluirán también las actividades de sustitución de los componentes del edificio y urbanizaciones.

La *etapa de fin de vida* incluida en URBILCA exclusivamente, considerará el impacto del transporte, procesado y tratamiento de los RCD de los edificios y elementos de la infraestructura de la urbanización.

Base de Datos

El software EnerBuiLCA se alimenta de una base de datos que ha sido específicamente creada para el proyecto. La estrategia seguida para el desarrollo de esta base de datos consiste en la recopilación de información ambiental disponible de Declaraciones Ambientales de Producto (DAP) de productos de la construcción de diferentes sistemas de ecoetiquetado como el DAPc, Deklaration Umwelt, el Sistema Internacional EPD etc, lo que simplifica en gran medida la fase de *análisis de inventario de ciclo de vida*. Se han desarrollado 3 bases de datos diferentes:

1. Una de los productos de construcción, incluyendo 26 productos diferentes.
2. Otra de soluciones constructivas, incluyendo información ambiental y técnica de las soluciones representativas para España, Francia y Portugal.
3. Una última con información genérica que incluye información sobre las fuentes de energía y el transporte.

URBILCA amplía esta base de datos para incluir la información ambiental de los elementos de la infraestructura, sistemas y procesos que permiten evaluar el comportamiento de la zona urbana.

Categorías de impacto

En cuanto a las *categorías de impacto* a considerar, como primera aproximación, EnerBuiLCA solo contempla una categoría de impacto ambiental (el calentamiento global) y un indicador de impacto (el consumo de energía primaria). Esto es debido a que se pretende que esta herramienta sea un paso preliminar o entrenamiento para un usuario no experto en ACV, antes de pasar a utilizar la metodología completa. URBILCA incluirá asimismo el indicador de impacto de consumo de agua.

Interfaz con el usuario

La herramienta se presenta mediante una interfaz a través de la cual el usuario puede crear un proyecto de edificio para su evaluación. Con este fin, el diseñador introduce información básica sobre el edificio objeto de estudio (ya sea de nueva obra o rehabilitación) en la herramienta, tal como: tipo de edificio, requisitos técnicos y funcionales, tipo de uso y vida útil. Una vez hecho esto, el diseñador puede buscar en la base de datos las soluciones constructivas que forman parte del edificio y, tras la introducción de la información sobre el consumo de energía de la fase de uso (calculado con una herramienta de simulación), obtener información en tiempo real sobre el consumo de energía y emisiones de GEI asociadas.

El diseñador es capaz así de evaluar tanto edificios completos como soluciones constructivas. Dado que en la actualidad la base de datos de productos de la construcción y de sistemas constructivos contiene una cantidad limitada de información, el diseñador también puede modificar la información existente sobre los productos y/o soluciones constructivas y/o crear nuevos productos o sistemas constructivos para adaptar la información al escenario real en estudio. De esta información, únicamente pasará a formar parte de la base de datos publicable de productos de construcción la información que haya sufrido un proceso de validación por parte de los administradores de la herramienta. De esta manera, la base de datos medioambiental de los productos podrá ir ampliándose a medida que aumenta su uso.

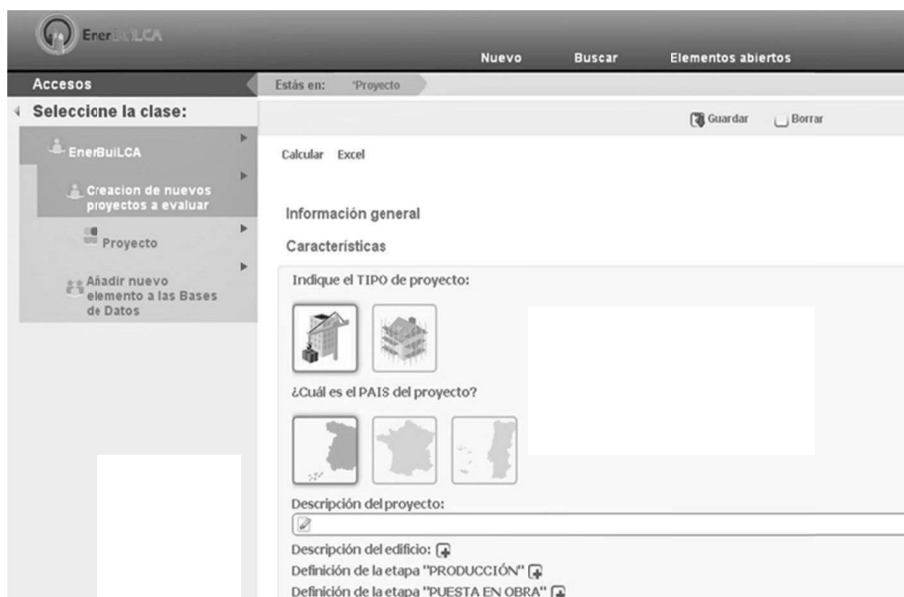


Figura 2. Aspecto de la interfaz de la herramienta EnerBUILCA.

RESULTADOS

En el contexto de la herramienta ENERBUILCA, se han desarrollado 3 bases de datos diferentes:

1. Una de los productos de construcción, incluyendo 26 productos diferentes.
2. Otra de soluciones constructivas, incluyendo información ambiental y técnica de las soluciones representativas para España, Francia y Portugal.
3. Una última con información genérica que incluye información sobre las fuentes de energía y el transporte.

Se ha obtenido una herramienta on-line de fácil manejo y libre validada en 20 casos piloto diferentes en diversas regiones del área SUDOE de España, Francia y Portugal. La aplicación de la herramienta para obtener los impactos de ciclo de vida de los 20 casos de estudio en la mayor parte de los casos ha puesto en evidencia que una parte muy importante del consumo de energía a lo largo de la vida de los edificios – la energía incorporada en los materiales de construcción – no es tenida en cuenta en la calificación energética de los edificios.

En el primer año desde su lanzamiento, la herramienta ha sido utilizada fundamentalmente por arquitectos del sector académico para obtener resultados comparativos de soluciones constructivas. Su aplicación está contribuyendo así a la difusión de la utilización del ACV en el sector de la edificación y a

la promoción del estándar Edificios de Emisiones de Ciclo de Vida casi cero, inspirado en el concepto de Edificios de Energía Casi Nula.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se ha puesto de manifiesto el creciente interés por parte del sector de la edificación en la utilización de esta herramienta de ACV para poder hacer una rápida evaluación ambiental de los proyectos y proponer medidas de mejora útiles a los grupos destinatarios profesionales. Sin embargo, no se puede separar los edificios del contexto de área urbana en el que se encuentran y de su necesidad de las infraestructuras asociada para darles servicio. En este sentido, se está trabajando en el desarrollo de la herramienta URBILCA. Se espera que sus resultados permitan evaluar el nivel de sostenibilidad de distintas tipologías de áreas urbanas a lo largo de todas las etapas que forman parte de su ciclo de vida. Asimismo, se establecerán recomendaciones para la mejora del marco normativo relativo a la eficiencia energética e impacto ambiental de las áreas urbanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- British Standard Institution, 2013. The British Standards Institution. PAS 2070: 2013. Specification for the assessment of greenhouse gas emissions of a city. Direct plus supply chain and consumption-based methodologies.
- CEN, 2010. CEN/TC 350. EN 15643-1:2010, Sustainability of Construction Works – Assessment of Buildings – Part 1: General Framework.
- CEN, 2011a. CEN/TC 350. EN 15643-2:2011, Sustainability of Construction Works – Assessment of Buildings – Part 2: Framework for the Assessment of Environmental Performance.
- CEN, 2011b. CEN/TC 350. EN 15978:2011 Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method
- CEN 2012. CEN/TC 350. EN 15804:2012. Sustainability of Construction Works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products.
- Comisión Europea, 2003. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on Integrated Product Policy. Building on Environmental Life-Cycle Thinking”. Bruselas, (COM (2003) 302).
- Comisión Europea, 2005a. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Taking sustainable use of resources forward: A Thematic Strategy on the prevention and recycling of waste. Bruselas, (COM (2005) 666).
- Comisión Europea, 2005b. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Thematic Strategy on the sustainable use of natural resources. Bruselas, (COM (2005) 670).
- Comisión Europea, 2008. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the Sustainable Consumption and Production and Sustainable Industrial Policy Action Plan. Bruselas, (COM (2008) 397).
- ISO, 2006a. UNE-EN ISO 14040:2006. Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia.
- ISO, 2006b. UNE-EN ISO 14044:2006. Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices.

ESTUDIO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE FACHADA DE BLOQUES RESIDENCIALES EN MADRID. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS Y VIABILIDAD ECONÓMICA PARA SU REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

María Mañanas, Arquitecto

Resumen: La presente comunicación persigue clarificar las actuaciones prioritarias a acometer de cara a la rehabilitación energética de los sistemas constructivos de fachada de edificaciones construidas en Madrid. Para ello, dentro de la metodología científica desarrollada, tras analizar la documentación existente referente a la caracterización térmica de los sistemas constructivos de fachada, se han determinado diferentes períodos de construcción identificando los sistemas constructivos utilizados y el volumen de viviendas construidas. Como resultado, se han seleccionado varios edificios representativos, analizándose los sistemas constructivos de fachada, e implementado distintas soluciones de mejora de la transmitancia térmica, para estudiar la influencia en el comportamiento térmico de las edificaciones y la tasa de beneficio-inversión de cada solución.

Palabras Claves: Edificación Residencial, Fachada, Rehabilitación Energética, Sistemas Constructivos, Tasa Beneficio-Inversión

INTRODUCCIÓN

El cambio climático global constituye la mayor amenaza a la que nos enfrentamos en la actualidad. La causa principal de este fenómeno es la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, principalmente dióxido de carbono (originario de la quema excesiva de combustibles fósiles), con un incremento previsto del 21% entre 2008-2035 según el informe de la World Energy Outlook 2010 (WEO 2010: 95). Este fenómeno está en conexión con el incremento del uso de los recursos energéticos por parte de todos los sectores y con el consumo de energía final. En el caso de España, en el año 2011, las emisiones de CO₂ representaban el 80.8% del total de las de los gases de efecto invernadero (CNE 2011: 297). De este porcentaje un 29.99% corresponde al sector de la energía y un 19.45% al sector de la manufactura y la construcción, por lo que los edificios suponen un frente de gran interés sobre el que actuar de cara a mitigar los efectos del calentamiento global (Nakicenovi, Swart 2000).

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En España, la construcción de viviendas se ha desmarcado, junto con la de Irlanda, del resto de países miembros desde el año 1995, hasta el 2007. Del total de edificaciones que han sido construidas hasta la fecha en nuestro país, más del 90% de estos edificios fueron construidos con anterioridad a la entrada en vigor de la actual normativa vigente CTE (2006) y un 65% son anteriores a la entrada en vigor de la primera normativa técnica general de carácter obligatorio, que limitara la demanda energética, la NBE-CT-79, lo que ha conllevado a que, en la actualidad, una gran proporción de nuestro Patrimonio Construido no cumpla con los requisitos de confort actuales adaptados al mínimo consumo de energía posible.

En cuanto a la construcción de nueva planta, la tipología residencial ha sido la mayoritaria en las dos últimas décadas, pudiéndose destacar además dos épocas de gran repunte: 1950 -1970 y 1995 -2007. Fruto de este fuerte crecimiento en la actualidad nuestro país cuenta con un parque inmobiliario edificado de más de 25 millones de viviendas (Instituto Nacional de Estadística 2013), de las cuales 15

millones superan los 30 años de antigüedad y cerca de 6 millones superan los 50 años (Ministerio de Fomento 2012), y donde más del 70% necesitaban someterse a procesos de rehabilitación energética urgente (Manteca 2012).

Acotación de la investigación

Dentro del territorio nacional, la Comunidad de Madrid, se caracteriza por ser la de mayor porcentaje de viviendas construidas. En el municipio de Madrid la circunstancia es la misma, siendo su volumen superior a la media de municipios con más de 60.000 viviendas construidas, donde dentro de las tipologías constructivas, los bloques de vivienda son mayoritarios en la totalidad de periodos analizados. En esta tipología, la parte opaca de la fachada, supone el área de la envolvente con mayor superficie en contacto con el ambiente exterior o con espacios no habitables, y por tanto por la que se produce el mayor intercambio energético con el exterior. Por lo que la presente investigación se centra en la caracterización térmica de los sistemas constructivos de fachada de bloques construidos en el municipio de Madrid.

Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo consiste en el análisis de diversos tipos de sistemas constructivos de fachada, desde el punto de vista energético, así como la incidencia de las soluciones constructivas para la reducción de transmitancias térmicas, de cara a la rehabilitación energética de fachadas de edificios en bloque, construidas en el municipio de Madrid, hasta la actualidad.

Sistemas constructivos

El estudio de los diferentes sistemas constructivos que caracterizan los edificios que conforman nuestro parque inmobiliario edificado, es imprescindible para comprender el funcionamiento energético de la envolvente.

Generalmente, los edificios de viviendas construidos durante los siglos XVIII y XIX y principios del S. XX tienen la característica de estar construidos con muros de carga. En esta época los elementos de fachada ejercían la función resistente principal. El cerramiento forma parte del sistema estructural y los materiales utilizados son de elevada capacidad térmica. A lo largo de la segunda mitad y finales del S.XIX se fueron introduciendo cambios sustanciales en las técnicas constructivas, como consecuencia de la utilización de nuevos materiales y de su comercialización extensiva durante todo el s. XX, se posibilitó el desarrollo de otros sistemas constructivos. A partir de los años 40 se produce la aplicación masiva de las estructuras de hormigón armado, propiciando edificios más ligeros y menos masivos, en los que se distingue claramente estructura y cerramiento. La fachada pierde su función estructural, aunque no obstante, la asentada tradición en el uso del ladrillo, deriva a que en esta época, «...la fachada se sigue construyendo de fábrica en un alto porcentaje, normalmente de ladrillo. [...] En los primeros años (40 y 50) sobre todo, el muro de 1 pie como hoja exterior, trasdosándose con tabique de hueco sencillo y, en ocasiones, manta de fibra de vidrio en la cámara que queda entre ambos. Sin embargo, cuando se generalizan los sistemas de acondicionamiento electro-mecánicos (años 70) se piensa en aligerar definitivamente las fachadas, ejecutando la hoja exterior de ½ pie de un modo casi exclusivo [...] considerada actualmente como solución tradicional,...»(Monjo Carrió, 2005, pág. 37-54).

En las últimas décadas, se plantea la necesidad de que el proceso de construcción sea más rápido e industrializado, fomentándose así los primeros materiales prefabricados, apareciendo los paneles prefabricados de hormigón armado, que destacan por su rapidez de montaje. Finalmente, como culmen de la optimización en el proceso constructivo, nos encontramos con las ventajas que ofrece hoy día la

construcción modular, reduciéndose al máximo la intervención de la mano de obra y mecanizándose en un gran porcentaje el montaje.

Determinación de las épocas de estudio

En el presente artículo se establecen cuatro épocas de estudio, cuya elección se justifica en base al análisis realizado sobre los principales sistemas constructivos desarrollados en España, junto con la evolución de la normativa vigente (referente a la limitación de la demanda energética) en el momento de la construcción. Para el caso de Madrid, las fachadas de los distintos edificios construidos en el municipio, a lo largo de distintas épocas de estudio, han debido satisfacer los siguientes requisitos mínimos:

Id. Edif.	Zona Clim. CTE	Nº vlv	Sap. total Vlv (m²)	Fachada (W/m²k, mat., esp.)	Cubierta (W/m²k, mat., esp.)	Vidrio (composición)	Ventana (U)	DEMANDA (kWh/m²a)	% solar / renovable	CONSUMO (kWh/m²a)	Calificación Energética
C01	D1	242	10.225	0.31 Lana+ Fibra 4cm	0.41 PUR 6cm	4/12/6 B.E.	2.6	64.28	Cog. 70 kW	41.6	A
C02	D1	84	10.391	0.37 PUR+Lana 4+4	0.29 XPS 8cm	4/12/6 B.E.	2.36	64.5	49%	71.1	C
C03 a	D1	103	6.727	0.31 Lana 5cm	0.32 XPS 8cm	661/36/8 B.E.	2.45	42.1	Cog. 25 kW	47.85	A
C03 b	D1	100	9.275	0.31 Lana 5cm	0.32 XPS 8cm	661/36/8 B.E.	2.45	43.98	Cog. 25 kW	51.94	A
C04 a	D1	118	11.156	0.33 EPS+Lana 6+4	0.44 EPS 6cm	4/12/6 B.E.	2.4 y 3.1	59.5	49%	71.3	B
C04 b	D1	206	18.866	0.33 EPS+Lana 6+4	0.44 EPS 6cm	4/12/6 B.E.	2.4 y 3.1	59.6	44%	71.2	B
C05	C1	80	5.866	0.55 Lana 5 / 0.42 Lana 5	0.94 EPS 3cm	4/15/4	2.84	44	60%	59	C
C06	C1	101	1.089	0.46 Lana 4	1.08 sin aislamiento / 0.49 XPS 5cm bajub	4/10/4+4	2.92	48	51%	70.5	C
C07 a	C1	40	2.473	0.39 PUR+Lana 4+4	0.67 PUR 4cm	4/12/331	2.87	37.7	60%	52.6	B
C07 b	C1	96	8.596	0.39 PUR+Lana 4+4	0.67 PUR 4cm	4/12/331	2.87	32	60%	45.9	B
C08 a	D1	124	12.102	0.31 PUR+Lana 4+6	0.6 XPS 4cm	4/12/4	3	71.1	51%	94.3	C
C08 b	D1	164	15.425	0.31 PUR+Lana 4+6	0.6 XPS 4cm	4/12/4	3	69.2	51%	81.8	C
C09 a	D1	190	15.056	0.46 PUR 4 / 0.45 PUR 4 / 0.45 PUR 4 /	0.38 XPS 3cm / 0.45 PUR 4 cm	4/9/6	3.3	72.7	35%	87.8	C
C09 b	D1	211	12.777	0.45 PUR 4 / 0.45 PUR 4 /	0.38 XPS 3cm / 0.45 PUR 4 cm	4/9/6	3.3	72.5	40%	88.7	C
C10 a	C1	24	1.802	0.31 PUR+Lana 3+4,4	0.35 XPS 8cm	442/12/331	3.17	48.3	64%	59	C
C10 b	C1	53	5.055	0.38 PUR+Lana 4+4,4	0.25 XPS 6cm	442/12/331	3.17	40.8	62%	42.4	B
C11 a	C1	16	1.866	0.27 Farcoc+Lana 7,5+5	0.53 PUR 4cm	6/10/5	3.31	45.7	50%	66.4	C
C11 b	C1	16	1.677	0.27 Farcoc+Lana 7,5+5	0.53 PUR 4cm	6/10/5	3.31	45.2	50%	64.3	C
C11 c	C1	54	2.707	0.27 Farcoc+Lana 7,5+5	0.53 PUR 4cm	6/10/5	3.31	48.6	58%	67.4	C
C12	C1	30	2.706	0.27 Lana 5cm	0.53 PUR 4cm	6/10/5	3.31	48.6	58%	66.6	C
C13	C1	100	7.979	0.5 EPS 5cm	0.46 EPS 5cm	4/12/4	2.91	46.6	55%	67.5	C
C14	C1	85	7.522	0.32 Lana 4cm	0.34 XPS 5cm	4/12/6	2.92	39.4	30%	73.6	C
C15 a	C1	40	3.217	0.41 EPS 6cm	0.32 XPS 8cm	4/12/6	2.88	32.1	60%	46.3	B
C15 b	C1	56	5.205	0.41 EPS 6cm	0.32 XPS 8cm	4/12/6	2.88	30	60%	47.3	B
C16	C1	60	5.130	0.5 PUR 3.5cm	0.67 PUR 3cm	4/6/4	3.4	53.6	50%	70.5	C
C17	C1	60	2.866	0.61 Lana 4cm	0.44 EPS 4cm	4/12/6	2.8	37.7	50%	72.1	C
C18	C1	54	5.864	0.61 Lana 4cm	0.7 Lana 2cm	4/12/6	2.8	37.9	50%	66.6	C
C19	D1	50	4.063	0.34 PUR 5cm	0.49 XPS 6cm	4/6/4 B.E. nota	3.47	66.2	50%	92.3	B
C20	C1	32	2.885	0.46 PUR 4cm	0.46 XPS 4cm	4/12/4	2.91	76.1	40%	88.7	B
C21	D1	84	10.332	0.36 Lana 4cm	0.35 XPS 6cm	4/12/4 B.E.	1.96	62	33%	71.4	B
C22 a	D1	69	6.060	0.31 EPS 5cm	0.48 XPS 5cm	4/12/6	3.24	83.7	60%	97.6	C
C22 b	D1	34	3.987	0.31 EPS 5cm	0.48 XPS 5cm	4/12/6	3.24	83.7	60%	93.9	C
C23 a	D1	80	6.822	0.35 Lana 4 cm	0.32 XPS 8cm	4/10/6	3.25	65.9	54%	75	C
C23 b	D1	90	7.664	0.35 Lana 4cm	0.35 XPS 8cm	4/10/6	3.25	79.3	52%	86.7	C
C24	D1	314	14.525	0.45 PUR 6cm	0.45 PUR 5cm	4/12/6	3.1	56.1	50%	75.7	B
C25 a	C1	25	2.055	0.38 Lana 5cm	0.41 EPS 6cm	4/15/351	2.56	37.7	59%	41.8	B
C25 b	C1	13	898	0.38 Lana 5cm	0.41 EPS 6cm	4/15/351	2.56	41.7	42%	55.5	C
C26	C1	140	9.541	0.36 PUR+Lana 4+4	0.41 XPS 6cm	4/10/6	3	41	42%	53.2	C

Figura 1. Evolución de los límites de transmitancia según diferentes normativas y reglamentos técnicos. Elaboración propia. Fuente: De Luxán, Barbero et al. 2012.

En base a lo cual se establecen las siguientes 4 épocas de estudio:

Normativa vigente	Época de estudio
Anterior a la NBE-CT-79	1. Viviendas de segunda mitad del S. XIX y primera mitad del S. XX
	2. Viviendas de los años 50
	3. Viviendas de los años 60 y 70, surgidas a raíz del boom inmobiliario y la construcción
Posterior a la NBE-CT-79	4. Viviendas construidas en la década de los 90 y principios del S.XXI

Figura 2. Determinación de las épocas de estudio.

Viviendas de final de siglo XIX y primera mitad del XX, con muros de carga y sin aislamiento térmico específico

El siglo XIX propició una profunda transformación en la ciudad de Madrid. La desamortización de Mendizábal modificó significativamente la fisonomía de la villa. Con el reinado de Isabel II y, más tarde, con la Restauración, se pusieron en marcha proyectos de reforma que tuvieron como objetivo sanear la ciudad y dar cauces a la ampliación del casco urbano, se disparan el volumen de licencias para reforma y construcción de viviendas, así como la construcción del Ensanche y el derribo de la cerca construida por Felipe IV en 1625, por Fernández de los Ríos en 1868.

Viviendas de los años 50

La reconstrucción de las viviendas destruidas tras la guerra civil española se inició en nuestro país una década después de su finalización (Sambricio, 2000, pág. 39-47). Por aquel entonces, surgía la necesidad de la reconstrucción y de dar respuesta al importante flujo migratorio que llegaba a las grandes ciudades como Madrid, y que se establecían en asentamientos periféricos. En 1954 el INV buscó promover las cooperativas de vivienda y ofrecer a los chabolistas un plan de ayudas para la adquisición de sus viviendas, con la intención de limitar el crecimiento de los asentamientos periféricos. Así mismo se aprobó la Ley de vivienda de Renta Limitada y el Plan Nacional de Vivienda, de cuyos objetivos caben destacar la creación de los denominados poblados de ‘absorción’ y poblados dirigidos, siendo el de San Blas el más importante en cuanto al número de viviendas se refiere (Blos, 1999, pág. 70-71).

Viviendas de los años 60 y 70

La década de los años 60 fue de todo el siglo XX la de mayor construcción en el municipio madrileño. En 1961 se aprueba el Plan de absorción de chabolas para Madrid, donde se establece la construcción de Unidades Vecinales de Absorción (UVAS), en distintos barrios de la periferia madrileña, siendo en la mayoría de los casos, construcciones prefabricadas debido a la provisionalidad. Durante este período la mayoría a viviendas fueron de protección oficial y viviendas para funcionarios (Bonhome, 1966,4-65), destacando las edificaciones llevadas a cabo en el entorno del río Manzanares.

Viviendas construidas con la aplicación de la norma NBE-CT79 en las décadas de los 90-2000

En esta última época de estudio, se tiene en cuenta por vez primera el ahorro energético necesario en los hogares (NBE-CT79), a través de la mejora de los sistemas constructivos de cerramiento de los edificios.

Casos de estudio

Los cuatro edificios de viviendas seleccionados en el presente artículo, una por cada época de estudio, y de los cuales, para la presente comunicación, sólo se detallará el situado en la Avenida del Manzanares, por ser, el que más se aleja del cumplimiento de la normativa en materia de limitación de demanda energética, fueron construidos bajo el amparo de la protección oficial (exceptuando las viviendas correspondientes a la primera época de estudio), para poder comparar de este modo edificaciones construidas con las limitaciones marcadas por las distintas normativas de las administraciones.

Época de estudio	Ubicación del edificio	Año	Breve descripción del edificio
1ª	C/ Marqués de Villamejor, nº 3.	1906	Edificio de viviendas destinada a casas de alquiler. Arquitecto Antonio Palacios Ramillo.
2ª	C/ Rioconejos, nº 18.	1958	Edificio de viviendas perteneciente al grupo construido en el Poblado Dirigido de Gran San Blas.
3ª	Avenida del Manzanares, nº 64	1961	Edificio de viviendas construido por el Patronato de Casas para Funcionarios, levantado al margen del río Manzanares, para los trabajadores del Ministerio de Industria.
4ª	C/ Pintor Antonio Saura, nº 14.	2004	Edificio de viviendas construido en el PAU Sanchinarro III, en el barrio de Valdefuentes (Plan Parcial de Hortaleza).

Figura 3. Determinación de los edificios de estudio.

Caracterización de los edificios objeto de estudio

La caracterización de los edificios seleccionados se ha llevado a cabo de forma sistemática. Para ello por cada edificio se han elaborado dos fichas. En la primera se caracteriza geométricamente la edificación, describiendo la situación del inmueble, su relación con el entorno y el soleamiento de fachadas. En la segunda se caracteriza la parte opaca del sistema constructivo de fachada, mediante la descripción gráfica del cerramiento, indicando los materiales y elementos que la conforman, así como sus características de desfase y amortiguación.



Figura 4. Ficha de caracterización geométrica del edificio situado en la Avenida del Manzanares, nº 64.

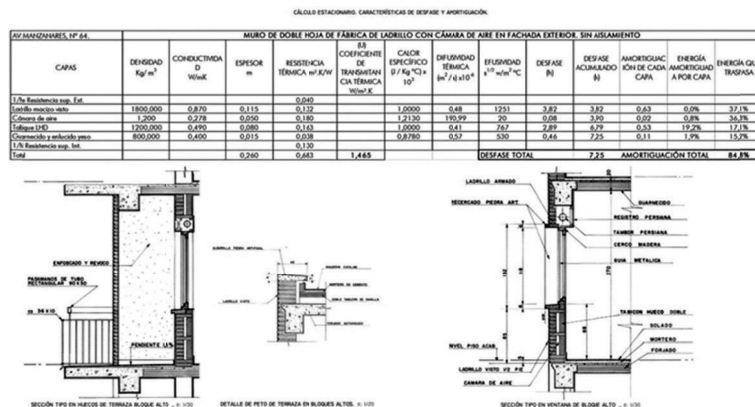


Figura 5. Ficha de caracterización del sistema constructivo de fachada. Edificio situado en la Avenida del Manzanares, nº 64.

Soluciones de mejora del comportamiento térmico de fachadas

Dentro de las diferentes estrategias que pueden adoptarse para la mejora del comportamiento térmico de fachadas, en el presente trabajo nos centramos en la reducción de las transferencias térmicas por conducción. Por cada edificación se proponen cuatro soluciones de rehabilitación energética de fachadas, basadas en su totalidad en la aplicación de aislamiento térmico en el sistema constructivo de fachada, que mejoren el comportamiento térmico de las mismas, superando los objetivos de demanda de limitación energética marcados en el actual DB HE-1 y a partir de productos existentes en el mercado. Las soluciones se clasifican en tres categorías, conforme a la disposición y el tipo de aislamiento:

- M1: Sistema de aislamiento por el interior mediante la inyección en cámara de nódulos de lana mineral en cámaras.
- M2: sistema de aislamiento térmico por el exterior, tipo SATE.
- M3: Sistema de aislamiento termo acústico y trasdosado autoportante, por el interior de fachadas.
- M4: Sistema de aislamiento termo acústico y trasdosado directo por el interior de fachadas.

Metodología

La metodología llevada a cabo en el presente trabajo ha sido de tipo científico, basada en la recogida de datos, análisis y posterior obtención de conclusiones.

Análisis e Interpretación de Resultados

Una vez implementadas las diferentes soluciones en las edificaciones de estudio, se lleva a cabo el análisis de los resultados obtenidos, desde el punto de vista del comportamiento térmico y evaluando la viabilidad económica de cada una de ellas.

Comportamiento térmico de las soluciones propuestas

En los cálculos relativos al comportamiento térmico de las soluciones propuestas del edificio analizado situado en la avenida del Manzanares, se observa cómo el sistema constructivo actual conlleva mucha demanda energética y cualquiera de las soluciones propuestas supondría una mejora energética considerable. Cabe destacar también, que la mejor de las soluciones propuestas, la M2 (sistema SATE) para este edificio, en condiciones de verano, se contraponen a la mejor solución que se podría utilizar durante las semanas de invierno, M3 (sistema de aislamiento por el interior). Por lo que habría que llegar a una solución intermedia, para que la combinación entre ambas situaciones de verano e invierno no perjudicaran el comportamiento del mismo durante un periodo de tiempo al año.

Evaluación de viabilidad económica y amortización de las diferentes soluciones propuestas

En la presente investigación, se ha llevado a cabo una valoración económica de cada una de las soluciones.

Para analizar los datos recopilados, se ha utilizado el método estático con el fin de estimar la rentabilidad. Mediante la aplicación de este método se consigue conocer el tiempo que se tardará en amortizar o recuperar una inversión inicial a lo largo de los años, y se ha tenido en cuenta el beneficio

total acumulado al final de la vida útil. En el caso del estudio realizado en dicho edificio, se observa que de las cuatro soluciones propuestas, la solución M1 es la segunda más beneficiosa, tanto por su inmediatez en la recuperación de la inversión (12 años) como en los buenos resultados de su comportamiento en cuanto a beneficio final. Además, esta solución es un 70% más barata que la solución más cara euros/m² (M2) y es un 56% más barata respecto a la media del total de las soluciones.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se confirma que a partir del estudio de los distintos sistemas constructivos de fachada se pueden clarificar las actuaciones prioritarias a cometer en la rehabilitación energética de fachadas de bloques residenciales existentes en Madrid. Por tanto, la rehabilitación energética debe estar basada en un estudio pormenorizado de los sistemas constructivos específicos de la edificación objeto de estudio.

Para el caso concreto del edificio analizado en la Avenida del Manzanares, se observa que con todas las soluciones aportadas se consigue un ahorro tanto en calefacción como en refrigeración, lo que implica que en mayor o menor medida supone un beneficio para los distintos sistemas constructivos. El ahorro que se produce en la calefacción con las diferentes soluciones es siempre mayor que el ahorro en refrigeración. Mientras que en el primero se obtiene una media de ahorro del 16,6% en el caso de la refrigeración su media de ahorro es del 10,6%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blos, Dorotea (1999). *Los polígonos de vivienda social: perspectivas hacia su recuperación en España, Francia y Brasil*. Tesis doctoral." 70-71.
- Bonhome, Luis (1966). *Evolución de la Industria de la Construcción en España durante los últimos años*. 4/65 (554) - Serie V - Número 1/66 (73).
- De Luxán, Barbero and Gómez y Román (Sin publicar). *Evolución de los límites de transmitancia según diferentes normativas y reglamentos técnicos*.
- Instituto Nacional de Estadística (2013). Estimación del parque de viviendas. Nota de prensa del 18 de abril 2013."
- International Energy Agency (2010). *World Energy Outlook 2010. World energy-related CO2 emissions by fuel in the New Policies Scenario*, WEO 2010 96.
- Manteca, Florencio (2012). *Los hogares españoles necesitan una rehabilitación energética urgente*. Fundación CENER-CIEMAT, Entrevista Agencia EFE: 25 de junio de 2012. El Mundo.
- Ministerio de Fomento (2012). *Estimación del Parque de Viviendas 2012*. Subdirección General de Estadísticas del Ministerio de Fomento.
- Monjo Carrió, J. (2005). *La evolución de los sistemas constructivos en la edificación. Procedimientos para su industrialización*, Informes de la construcción, 57 37-54.
- Sambricio, Carlos (2000). "La vivienda española en los años 50" 39-47.

LA PORCIÚNCULA: UN HOGAR ENERPHIT PARA LA COMUNIDAD TERAPÉUTICA “LA SANTINA”

Marcelino Galán Feito, Arquitecto, AIUArqultectUra
Daniel Menéndez Blanco, Arquitecto, AIUArqultectUra
Begoña Viejo García, Arquitecto, AIUArqultectUra
José Antonio Almagro Medialdea, Ingeniero Industrial, ESFER
José Florentino Álvarez Antolín, Ingeniero de Minas, GEORENOVA

Resumen: La Porciúncula se construyó en los años sesenta como vivienda unifamiliar. En 2013, la Orden de los Hermanos Menores Capuchinos encarga al estudio “AIU ArqultectUra” la reforma integral del edificio para cederlo a CÁRITAS como nueva sede de La Comunidad Terapéutica La Santina, obra que se está ejecutando en la actualidad. Las principales premisas de intervención de este proyecto son: persecución de una calidad de aire y temperatura de confort interiores excelentes (para conseguirlo se utilizarán criterios de arquitectura pasiva); conseguir una construcción adaptable y sostenible en su mantenimiento; trabajo colaborativo. Esta rehabilitación ha sido incluida en el programa europeo “EuroPHit”, perteneciente al programa Intelligent Energy Europe (IEE). Este programa, liderado por el Passivhaus Institute y en el que participan 14 socios de 11 países europeos, estudiará el modo de acometer rehabilitaciones “paso a paso” hasta alcanzar las más altas exigencias en eficiencia energética definidas en el estándar EnerPHit.

Palabras Claves: Adaptabilidad, Aislamiento térmico, Economía de medios, EnerPHit, Instalaciones mínimas, Passivhaus, Salud, Trabajo colaborativo

INTRODUCCIÓN

La Porciúncula fue proyectada por el arquitecto D. César Fernández Cuevas en el año 1965 como vivienda para la familia de D. Justo del Castillo en Deva, concejo de Gijón (Asturias).



Figura 1. La Porciúncula en los años 70.

Es una construcción de dos plantas sobre rasante (vivienda) y una planta sótano (garaje y almacenes) con una superficie útil total de 540 m² situada en una finca de 8.800 m². Ya en su construcción se utilizaron criterios pasivos:

- Como una excelente distribución de todas las piezas, favorecida por una planta en forma de molinete que consigue dobles, incluso triples orientaciones de alguna de las habitaciones.
- Como la incorporación de 4 cm de aislamiento de fibra de vidrio, catorce años antes de la entrada en vigor en nuestro país de la primera norma que obligaba a su colocación (NBE-CT-79).

- Como el diseño de una terraza en voladizo que bordea la planta primera y que sirve como elemento de oscurecimiento en verano y de techo de antojana, a la manera tradicional, en los meses lluviosos.

Rodeando a la casa se plantaron ejemplares tanto autóctonos (castaños, carvayos, laureles, etc.) como foráneos (secuoya, cedros del Líbano, palmeras, etc.), que en la actualidad configura un jardín de alta calidad, donde los futuros residentes podrán realizar talleres de mantenimiento de jardinería y tareas de horticultura.

Esta vivienda fue utilizada durante las tres últimas décadas como Residencia de Personas Mayores regentada por la Sociedad de San Francisco. Este uso intensivo y el posterior abandono durante dos años hicieron mella en sus instalaciones (prácticamente inservibles) y acabados.

En 2013, la Orden de Hermanos Menores Capuchinos de España deciden rehabilitarla para un nuevo uso residencial (en ella vivirán permanentemente 28 personas), como nueva Sede de la Comunidad Terapéutica “La Santina”: un proyecto de recuperación, promovido e impulsado por Cáritas Interparroquial de Gijón, que está orientado a ofrecer una alternativa de tratamiento global para enfermos alcohólicos graves, con múltiples intentos de recuperación previos; afectados seriamente por disfunciones biopsico-sociales de gran calado y que requieren una atención multidisciplinar en la que participan profesionales sanitarios, trabajadores sociales, estamentos públicos que favorezcan la reinserción socio-laboral, familias, etc. Los objetivos son: Recuperación física y emocional del enfermo y su estructura familiar, deshabituación desde el planteamiento de la abstinencia total.

PROYECTO

El proyecto de Rehabilitación Integral de “La Porciúncula” ha sido redactado por el estudio asturiano AIU ArquitectUra con la colaboración en las instalaciones de las ingenierías GEORENOVA y dyaIngeNleros y está siendo ejecutado desde principios de este año 2014 por la empresa constructora ESFER. Y se prevé su entrega para el próximo septiembre.

La intervención arquitectónica que se propone comprende básicamente una pequeña ampliación que servirá de acceso general, la mejora integral de la envolvente térmica y la adecuación de los espacios interiores para su nuevo uso. Y se marca como meta la adecuación térmica como Edificio de Consumo Energético casi Nulo (nZEB), testado con el programa PHPP del Passivhaus Institut, de manera que pueda alcanzar en todo momento unas condiciones de confort térmicas y de calidad del aire elevadas con un gasto mínimo de energía: el edificio final pretende certificarse con el estándar EnerPHit (Passivhaus de Rehabilitación).

Durante los meses de enero y febrero se ha procedido a la demolición de los elementos constructivos e instalaciones no reutilizables en esta obra. Procediendo a una Recogida Selectiva por materiales y Sucesiva por sistemas:

- Con los materiales cerámicos (inertes) de tabiques interiores y cubierta de teja, se ha rellenado la antigua piscina quedando enterrados como parte del sustrato de la finca y cubiertos con tierra vegetal armada.
- La madera de ventanas y puertas se ha acopiado como material combustible para la chimenea de una Casa de Convivencias y Retiros de los Capuchinos cercana a esta casa.
- El vidrio de ventanas fue recogido para su reciclado por la empresa que posteriormente instalará los nuevos vidrios.

- El acero de la estructura de pérgolas y voladizos fue vendida a una empresa chatarrera para su posterior tratamiento.

Los elementos que permanecen y que serán la base sobre la que se desarrollará el proyecto son la estructura y el cerramiento, conservando las plantas del edificio su uso general y orientaciones, como rasgos a poner en valor de la anterior edificación. En la planta baja, totalmente accesible, estarán las actividades de día (cocina, comedor, salón, vestíbulos, etc.) y una unidad de cuatro dormitorios. La planta alta se dedicará prácticamente a zona de noche con cuatro unidades de cuatro, tres, dos y un dormitorio, respectivamente, y una zona relacional. Todos los espacios de día se tratarán de forma que sean lo más versátiles posibles. Para ello, dos empresas de inserción laboral regentadas CÁRITAS y la Compañía de Jesús restaurarán mesas, sillas, camas, etc. para instalarlos posteriormente en su interior.

Todos estos procesos se fotografían y graban en vídeo, generando una exhaustiva documentación del proceso constructivo.



Figura 2. Plano La Porciúncula.

CONSTRUCCIÓN. MATERIALES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

La principal estrategia que se ha seguido es la elección de materiales y técnicas constructivas próximas, habituales y conocidas por los constructores, instaladores y técnicos. De esta manera la mano de obra local, con formación y experiencia en estos sistemas constructivos, sería la más apropiada.

Así, la función de cerramiento de la envolvente, se encomienda a la hoja exterior de $\frac{1}{2}$ pie de ladrillo perforado y forjados de hormigón existentes, que junto con los pilares metálicos formados por dos UPN soldados siguen ejerciendo la función estructural. La pequeña ampliación se ejecutará con los mismos materiales de cerramiento y estructurales.

En el diseño constructivo se han utilizado criterios de arquitectura pasiva como un buen aislamiento térmico, la hermeticidad al paso del aire exterior y la inercia térmica de los materiales empleados.

El óptimo aislamiento se realiza por el exterior del ladrillo hasta llegar a las zapatas corridas de cimentación, bajo la losa de hormigón (sólo en la ampliación) y sobre el forjado de cubierta; consiguiendo una envolvente térmica continua en cuya línea se alojan las carpinterías exteriores.

La hermeticidad al paso del aire exterior se garantizará con el acabado interior de yeso de los paramentos verticales en continuidad con el forjado inferior de hormigón y un doble panel de madera de virutas orientadas (OSB) bajo el forjado de cubierta y el intermedio.

El interior del edificio contará con una buena inercia térmica ya que tanto los cerramientos cerámicos de LP como el hormigón de los forjados son capaces de almacenar y ceder calor con facilidad.

Cimentación (sólo en ampliación)

Sobre dos capas 6+6 cm de aislamiento térmico con poliestireno extrusionado de alta densidad, se llevará a cabo una cimentación superficial mediante losa de cimentación de hormigón armado de 25 cm. Valor de $U \leq 0,265 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Fachada

Sobre la fábrica cerámica de 11,5 cm se colocará un Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE), tipo Sto Therm Classic, formado por dos capas de 9+9 cm de poliestireno expandido grafitado (Top 32, 'Neopor'), enfoscado con mortero libre de cemento y malla de armaduras, con acabado final Sto Lotusan. El acabado interior, irá revestido con yeso para lograr una buena estanqueidad al aire y un trasdosado de lana de roca y yeso laminado para mejorar el aislamiento acústico aéreo.

En la zona que los cerramientos van enterrados y hasta encontrarse con la cimentación se dispondrá igualmente el aislamiento térmico por la cara exterior utilizando 18 cm de poliestireno expandido, Sto Panel Zocalo PS30SE, enfoscando exteriormente con mortero hidrófugo. Valor de $U \leq 0,165 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Cubierta y voladizos

La cubierta se realizará colocando sucesivamente sobre el forjado cerámico de hormigón existente dos capas 10+10 cm de aislamiento térmico con poliestireno extrusionado de alta densidad, una formación de pendiente con mortero hacia el exterior, una lámina impermeabilizante tipo Schlüter-KERDI, una lámina drenante tipo Schlüter-DITRA-DRAIN y un acabado de baldosa cerámica. Valor de $U \leq 0,140 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Carpintería

La carpintería exterior se colocará a haces exteriores en continuidad con el aislamiento del SATE, con elementos propios de remate de jambas, dintel y vierteaguas. Los marcos elegidos son de madera de pino, modelo Ventaclim Superconfort, abatibles y fijos. La transmitancia térmica de la carpintería proyectada es $U_f=1\text{W/m}^2\text{K}$. Los cristales con los que se ha modelado el edificio son:

Climalit44.1 Planitherm Ultra N/ cámara Argón 16 / flota de 5mm / cámara Argón 16 / 44.1 Planitherm Ultra N. Perfil Thermix C16 Gris en ambas cámaras. Su transmitancia térmica es $U_g=0,5\text{W/m}^2\text{K}$ (según EN 673) y el factor solar $g=40\%$ (según EN 410). Espaciador caliente de $\Psi_{\text{distanciador}}=0,04\text{W/mK}$.

Se introduce iluminación directa a algunos espacios a través de la cubierta con carpintería de madera, modelo Fakro FTT U6 Thermo y su transmitancia térmica es $U_f=1,2W/m^2K$.

Vidrio de cubierta: FAKRO FTT U6 THERMO 6/18/4/18/33.2 bajo emisiv.Argon 90%. Su transmitancia térmica es $U_g=0,5W/m^2K$ (según EN 673) y el factor solar $g=44\%$ (según EN 410).Espaciador caliente de Ψ distanciador= $0,042W/mK$.

Con estas características, y simulando el efecto de sombra hacia los cristales, el balance energético total de los vidrios es positivo.

INSTALACIONES

Se ha seguido como estrategia en el diseño de las instalaciones los siguientes criterios:

- Reducir el número y dimensión de las mismas a la mínima expresión.
- Búsqueda de su integración en la arquitectura y versatilidad, de manera que el usuario las pueda mantener, sustituir y/o modificar para adaptarlas a su forma de vida y necesidades en cada momento. Así discurren en cada planta, colgadas de los techos de OSB, fácilmente registrables y manipulables diferentes instalaciones (cada una con su código de color): fontanería (tonos azules), la distribución de la ventilación (tonos verdes) y la electricidad, la iluminación y los datos (tonos amarillos). Esta disposición facilitará el mantenimiento y limpieza, así como la sustitución, ampliación o modificación de cada una de las instalaciones.

Ventilación

Se instalará un sistema de ventilación mecánica de doble flujo con recuperador de calor, se ha optado por dos equipos del modelo Focus450 de Paul WarmeruckgewinnungGmbH, con un rendimiento máximo declarado del 91% y certificado por el Passivhaus Institute.

Para reducir las pérdidas energéticas, es importante controlar los caudales de ventilación. El caudal de renovación promedio en época invernal no debería sobrepasar las 0,5/h, siendo un caudal medio de 0,3/h recomendable.

Generación térmica y calefacción de suelo radiante

Las viviendas rehabilitadas bajo el estándar EnerPHit tienen como exigencia una demanda térmica inferior a 25 kWh/m²año. Por ello, se propone un suelo radiante de agua a baja temperatura. La generación térmica se resolverá con:

- Un sistema tipo Eco HeatingSystem de SAMSUNG, compuesto por una unidad exterior aire/gas de 16 kW térmicos y 4 kW eléctricos a 230V; y una unidad interior gas/agua.
- Depósito de inercia de 500 litros.
- Dos depósitos de acumulación de ACS de 750 litros cada uno.

CONCLUSIONES

Todo este proceso se está llevando a buen término manteniendo los valores y criterios compositivos originales del edificio, modificando congruentemente aquellos elementos que a lo largo del tiempo se

han revelado problemáticos (por ejemplo los petos de terrazas), renovando completamente sus acabados y dignificando las fachadas para dotar de unidad al edificio.

Esta rehabilitación ha sido incluida en el programa europeo “EuroPHit”, perteneciente al programa Intelligent Energy Europe (IEE), liderado por el Passivhaus Institute y en el que participan 14 socios de 11 países europeos, donde se estudiará el modo de acometer rehabilitaciones “paso a paso” hasta alcanzar las más altas exigencias en eficiencia energética. Durante los próximos tres años y con la experiencia en nuestro país de dos proyectos piloto (La Porciúncula en Gijón y la Casa Centón en Santander) se pretende comprender cómo debe planificarse una rehabilitación energética en varias fases, tanto desde el punto de vista técnico como de financiación, sin comprometer el resultado final.

Con el estándar EnerPHit como objetivo y los principios Passivhaus como base, EuroPHit trata de aplicar los conocimientos ya adquiridos en rehabilitaciones energéticas integrales a los puntos críticos que a menudo encontramos en reformas realizadas paso a paso. Los objetivos del proyecto son desarrollar nuevos criterios de certificación, modelos de financiación, programas de incentivación del mercado, directrices de diseño y herramientas de cálculo especializados en rehabilitaciones paso a paso.

El proyecto arquitectónico se convierte en un intenso proceso de colaboración con todos los agentes de la edificación en la que los arquitectos autores jugamos el papel de coordinación.

Esperamos que al final del proceso de este proyecto se alcancen los objetivos de principio y que se han ido añadiendo, especialmente la calidad del aire, el confort térmico y la consecución de un Edificio de Consumo Energético Casi Nulo. Consiguiéndolo avanzaremos un paso más para convencer a la sociedad de la viabilidad del concepto de Casa Pasiva. Por el momento los resultados del Estudio Energético bajo el estándar EnerPHit en su parte pasiva nos dan esperanzas de lograrlo.

AGRADECIMIENTOS

Orden de Hermanos Menores Capuchinos de España, promotores y propietarios; CÁRITAS y Comunidad Terapéutica La Santina, usuarios de la casa; ESFER Construcciones y Proyectos S.L., constructora y contrata principal; J. Ramón Gutiérrez Artime y Manuel Martino de Sto SDF Ibérica S.L.; José Florentino Álvarez Antolín y Javier Abati Miranda, ventilación, calefacción y ACS, ingenieros de GEORENOVA, ingeniería energética; Daniel Román Bermúdez y Alejandro Yáñez Estrada, electricidad e iluminación, ingenieros de “dyaINgeNleros”; César de Francisco Garrote, arquitecto de OIU ArquitectUra; Natalia Trancho Meana, aparejadora y directora de la obra; Pepe Fernández Balmaseda, fotógrafo y cámara de vídeo; Nuria Díaz Antón y AnneVogt de VAND arquitectura; Carlos Méndez Suárez, asesor iluminación y Técnico Comercial de LAMP Lighting; José Ramón Alonso Fernández, jardinero, gerente de Jardinería Costa Verde S.L.; José Luis Rodríguez González de Elite Ventanas S.L.; Oskar Huidobro Burgos de Carpintería LLodiana; Alejandro de Carpintería Zarabozo; Gonzalo Mier Suárez de Cristal Norte; Yolanda Fernández Ribaya, Ingeniera de Minas, modelización TRNSys; Pablo Rodríguez Domínguez de Vidaurreta, estudiante de arquitectura; Alberto Estrada Iglesias y al CEPESMA, por rescatar las carpas.

A D. César Fernández Cuevas, arquitecto; y D. Justo del Castillo por haber construido esta casa.

BIBLIOGRAFÍA

AA.VV. (2011). *Guía del estándar PassivHaus. Edificios de consumo energético casi nulo*. Ed. Fundación de la Energía de Madrid. Madrid.

EPBD (DIRECTIVA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS). ¿EVOLUCIÓN O REVOLUCIÓN?

Inés Alomar Brutau, Deerns

Olivier Severini, Director General España y Francia, Deerns

Julien Daclin, Director del Departamento de Sostenibilidad, Deerns

Resumen: El objetivo de este documento es ofrecer una visión general de los desafíos a los que se enfrenta el sector de la construcción para cumplir con los objetivos de la Directiva EPBD de la Unión Europea. Para ello, se presenta un caso de estudio de un proyecto en Francia que fue entregado hace 1 año con los más altos niveles de certificación (HQE, BREEAM y LEED) y el sello francés "edificio de poca energía" para conseguir el objetivo de ser un edificio de Consumo de Energía Casi Nulo. Además, se presentará un estudio de caso de un verdadero NetZEB con toda la energía tenida en cuenta.

Palabras Claves: EPBD, netZEB, NZEB

INTRODUCCIÓN

La refundición de la Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios (EPBD) establece que a partir de 2019 "todos los nuevos edificios ocupados y propiedad de autoridades públicas serán edificios de energía casi nula" (NZEB) y para finales de 2020 "todos los nuevos edificios serán edificios de energía casi nula". Los Estados miembros de la UE "elaborarán planes nacionales destinados a aumentar el número de edificios nZEBs".

Los conceptos y construir ejemplos de edificios de energía casi nula o CO2 neutros ya existen en varios países. Sin embargo, las visiones sobre cómo deberían definirse estos edificios y las formas de alcanzar los objetivos nacionales específicos varían en toda Europa. La definición de nZEB (Edificios de Energía casi Nula y no Edificio de Energía Neta Cero) en el texto refundido de la EPBD ofrece flexibilidad, pero al mismo tiempo deja dudas sobre el nivel de ambición actual y las emisiones de CO2 de dichos edificios.

En la actualidad, la Comisión Europea, los Estados miembros de la UE, las partes interesadas y los expertos están analizando los diferentes aspectos de los nZEBs. En general, hay una necesidad urgente de establecer principios y métodos comunes a tener en cuenta por los Estados miembros de la UE para la elaboración efectiva, práctica y definiciones nZEB bien pensadas. Las definiciones de edificios de baja energía existentes entre los Estados miembros de la UE tienen enfoques comunes pero también diferencias significativas.

EL PROYECTO

Se presenta un caso de estudio de un proyecto en Francia que fue entregado hace 1 año con los más altos niveles de certificación (HQE, BREEAM y LEED) y el sello francés "edificio de poca energía" para conseguir el objetivo de ser un edificio de Consumo de Energía Casi Nulo: el edificio Newside - La Garenne Colombes.



Figura 1. Edificio Newside.



Figura 2. La Garenne Colombes.

Este edificio en esquina desarrolla 18.000 m² de espacio de oficinas. Este proyecto, firmado por el estudio de arquitectura Valode & Pistre afirma su carácter "ecológico" con una triple certificación ambiental, HQE, LEED - Gold, BREEAM - Muy bueno y etiquetado BBC (Edificio de Bajo Consumo de Energía). Newside es uno de los primeros edificios en Francia que se adjudiquen la etiqueta Excepcional en HQE.

Para obtener el máximo rendimiento de la energía, distinguido por la ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) que ha considerado este proyecto como ganador de la llamada a PREBAT (preparar la construcción del futuro), el equipo de diseño utilizó un procedimiento de adaptación normativa térmica, llamado Título V, para hacer reconocer la contribución de dispositivo de ventilación "híbrido" (ventilación natural abriendo las ventanas del edificio) para esta actuación.

Características:

- Edificio de la BBC.
- HQE (Excepcional), LEED (Oro) y BREEAM (Muy bueno).
- Rendimiento optimizado fachada térmica y solar.
- La producción de energía eficiente con bombas de calor termoeléctrico.

- Climatización interior mediante un sistema de techo radiante.
- Medida y verificación de rendimiento detallada del edificio.
- Aparcamiento para bicicletas cubierto y duchas.
- Estaciones de carga para vehículos eléctricos.
- Rehabilitación de un sitio contaminado.
- Cerca de transporte público.

RESULTADOS

Resultado de este diseño innovador y premiado con diferentes programas de edificios sostenibles, el edificio consume un 51% menos de energía que un edificio convencional (con etiqueta BBC). Con un consumo de Energía Primaria de $= 78,6\text{kWh}/\text{m}^2$. Y por tanto: $19,000\text{m}^2 \times 78,6\text{kWh} = 1.493.300\text{kWh}$. Este consumo equivale a 5800m^2 de paneles fotovoltaicos. Lo que representaría un coste adicional de 5.8 M€ ($300\text{€}/\text{m}^2$). Para un edificio ubicado en una parcela de 6000m^2 . Y unos costes de construcción de 40 millones de euros.

El objetivo de esta presentación es ofrecer una visión general de estos desafíos con un estudio de caso de un proyecto en Francia que fue entregado hace 1 año con los más altos niveles de certificación (HQE, BREEAM y LEED) y el sello francés "edificio de poca energía." ¿Cómo sería este edificio requerido para cumplir el objetivo NZEB? Además, se presentará un estudio de caso de un verdadero NetZEB con toda la energía tomada en cuenta.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En 2014, es nuestra opinión de que la implementación de la EPBD en los futuros reglamentos de construcción nacional en toda Europa representará un enorme desafío para nuestro negocio en su conjunto. Por ejemplo:

- ¿Podría el ingeniero mecánico y de sostenibilidad convertirse en el jefe de diseño en los proyectos de futuro en lugar del arquitecto (como es actualmente el caso de los Data Centers)?
- ¿Qué tipo de mecanismos nacionales serán implementadas si un edificio no puede alcanzar el objetivo requerido? (como un nuevo impuesto para los promotores inmobiliarios en el que el dinero recaudado podría ser utilizado para la renovación de los edificios existentes o financiar proyectos de energía renovable, etc.).
- ¿Qué estrategias serán aplicables en qué países? (Almacenamiento de energía térmica en acuíferos ATEs en Holanda o electricidad de energía solar en Italia).
- ¿Cómo podrá el mercado inmobiliario adaptarse a los requerimientos futuros? (será el aire acondicionado todavía algo que hay que tener).
- ¿Cuáles serán las responsabilidades de los ingenieros mecánicos y de sostenibilidad en asegurar que, durante su vida útil, el edificio cumple con su objetivo nZEB?
- ¿Incluirá la definición de nZEB en algunos países los consumos de las cargas internas?
- ¿Qué nuevas tecnologías descubiertas cambiarán la forma en que diseñamos los edificios? (aumento de eficiencia de los paneles FV, materiales de cambio de fase, vidrios electromagnéticos, etc.).
- ¿Qué otros efectos asociados se deben mirar? (cubrir el edificio con paneles FV aumentará el efecto de isla de calor, reducción de potenciales áreas vegetadas y biodiversidad, aumento de la escorrentía de agua de lluvia) ¿y qué tipo de impacto tendrán sobre la certificación ambiental que normalmente se utiliza? (LEED, BREEAM, HQE, DGNB, etc.).

PATROCINIO PLATINO:



PATROCINIO ORO:



PATROCINIO PLATA:



PATROCINIO BRONCE:



EN EL MARCO DE:



SEMANA INTERNACIONAL DE LA CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN EFICIENTE

