V Congreso EECN
Edificios Energía Casi Nula
Madrid, 28 Noviembre 2018

LIBRO DE COMUNICACIONES Y PROYECTOS

ORGANIZA:

GRUPOTECMARED

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE FOMENTO

COMUNICA:

CONSTRUIBLE.es
Todo Sobre Construcción Sostenible

APOYO INSTITUCIONAL:

MADRID

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

oecc
Oficina Española de Cambio Climático

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

IDAE
Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

V Congreso EECN
Edificios Energía Casi Nula
Madrid, 28 Noviembre 2018

LIBRO DE COMUNICACIONES Y PROYECTOS

V Congreso Edificios Energía Casi Nula

28 Noviembre 2018

Organizado por:

GRUPOTECMARED

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO

Editado por:

Grupo Tecma Red S.L.
C/ Jorge Juan 31, 1º izqda.
28001 Madrid, España
Tel: (+34) 91 577 98 88

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

ISBN: 9781728821719
Copyright: © 2018 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 – MINISTERIO DE FOMENTO

Esta quinta edición del Congreso de Edificios de Energía Casi Nula coincide con la fase final de tramitación de la modificación del Documento Básico DB HE de Ahorro de Energía, mediante la cual se pretende ajustar las exigencias reglamentarias de eficiencia energética de los edificios, actualizar la definición de edificios de consumo de energía casi nulo e incrementar el peso de las energías procedentes de fuentes renovables en la edificación.

En este largo camino que se inició con la aprobación de la Directiva en mayo de 2010, la actividad desarrollada en las diferentes ediciones del Congreso ha supuesto un elemento de referencia fundamental que ha permitido ir decantando las exigencias reglamentarias que debían definir el Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo, demostrando a su vez la viabilidad del nuevo marco reglamentario que se hará realidad en unos meses.

Si bien pudiera parecer inicialmente que con la futura aprobación del nuevo DB HE el camino llega a su fin, la realidad es que queda mucho camino por recorrer. El objetivo a nivel europeo de una economía descarbonizada para el año 2050 plantea nuevos retos a los que debemos dar respuesta en las próximas décadas y para ello es sin duda necesario seguir contando con foros, como este Congreso, donde los diferentes agentes del sector puedan aunar experiencias y plantear nuevas opciones que permitan alcanzar este ambicioso objetivo.

No solo tendremos que construir edificios nuevos mucho más eficientes energéticamente, sino que tendremos que adaptar un parque edificado muy deficiente en cuanto a prestaciones energéticas se refiere. Si bien la eficiencia energética del parque edificado es un objetivo en si mismo, no debemos dejar de verlo de una forma más integral, como un componente más de la sostenibilidad medioambiental, lo que supondrá nuevos retos que condicionarán también el futuro de la edificación.

La evolución de nuestra economía desde el esquema lineal actual a una economía circular, supondrá una enorme transformación del sector de la edificación. El reto va mucho más allá del correcto tratamiento de los residuos o de su valorización y reciclado, e implica la utilización de energías renovables de generación distribuida, la rehabilitación de nuestros edificios y la regeneración de nuestras ciudades con la vuelta a un modelo urbano más compacto, la gestión adecuada del ciclo del agua, etc.

Por otro lado, el cambio climático enfrentará a nuestras ciudades a impactos muy significativos, con importantes consecuencias sobre la salud y los medios de vida y ello nos obligará a avanzar hacia una construcción más resiliente. Asimismo, la necesidad de avanzar hacia una movilidad sostenible también modificará el desarrollo de nuestras ciudades.

Todas estas necesidades están incidiendo sobre nuestro marco normativo, que experimentará un importante desarrollo en los próximos años. La futura de Ley de Cambio Climático y Transición Energética, actualmente en proceso de elaboración, establecerá las líneas fundamentales que marcarán la evolución de los diferentes sectores para alcanzar la meta de una economía baja en carbono en 2050.

La Estrategia Española de Economía Circular, en desarrollo, establecerá un amplio conjunto de medidas tendentes a impulsar la transición hacia un modelo de economía circular en nuestro país. Los Planes Nacionales Integrados de Energía y Clima que deben desarrollarse en España en el marco de las obligaciones establecidas por la Comisión Europea, establecerán los objetivos sectoriales relativos a reducción de emisiones, mejora de la eficiencia energética y contribución de energías renovables, y marcarán la hoja de ruta para alcanzarlos. Y el propio Código Técnico de la Edificación (CTE) deberá adecuarse a este nuevo marco normativo, profundizando en el enfoque prestacional adoptado en 2006, de forma que no solo no genere barreras a la innovación, sino que fomente el uso de las nuevas tecnologías que van a ser necesarias para dar respuesta a todos estos retos. El momento actual es por ello especialmente importante, ya que de ello depende en gran medida la posibilidad de alcanzar los grandes retos planteados a medio y largo plazo.

Esta quinta edición es tambien un buen momento para hacer balance y plantear cambios que permitan la evolución del Congreso. Tras unas primeras ediciones centradas en la reflexión, esta quinta edición se caracteriza por el pragmatismo. Sin abandonar la investigación, es importante analizar cómo se materializan los conceptos en propuestas y ello justifica el peso dado en esta edición al capítulo de realizaciones, así como a los sistemas que las integran. Tambien, más allá de las simulaciones, resulta fundamental conocer el comportamiento real de estos edificios y cómo la actuación de los usuarios incide sobre el mismo.

Quisiera terminar celebrando anticipadamente el éxito seguro de esta quinta edición del Congreso, reconocer la gran labor desarrollada por el Grupo Tecma Red y agradecer a todos los patrocinadores y colaboradores su apoyo e interés, esperando que se cumplan, como en las ocasiones anteriores, todas las expectativas generadas.

Madrid, Noviembre 2018

Francisco Javier Martín Ramiro
Director General de Arquitectura, Vivienda y Suelo
Ministerio Fomento

INTRODUCCIÓN – GRUPO TECMA RED

Finalizando el 2018, ya cada vez más cerca del objetivo que todos anhelamos de que nuestro parque edificado apenas consuma energía y, superadas las barreras normativas para la intergración de las energías renovables en los edificios, este V Congreso Edificios Energía Casi Nula quiere aportar una visión positiva de presente y de futuro, haciendo partícipes a todos los agentes del sector inmobiliario en la reflexión para el diseño de un nuevo modelo.

El V Congreso Edificios Energía Casi Nula que se celebra el 28 de noviembre en Madrid, está organizado por Grupo Tecma Red y Ministerio de Fomento, a través de su Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, contando además con diversos apoyos institucionales que han estado presentes desde las primeras ediciones. Este año tendrá una duración de un único día, donde hemos querido condensar toda la actividad acontecida desde la última edición en diciembre de 2017. De nuevo, contamos con elevadas cifras de propuestas de participación, una incuestionable implicación de la Administración y la colaboración incondicional de organizaciones y profesionales que apuestan con fuerza por una línea clara hacia la eficiencia energética y la sostenibilidad en la edificación en España.

El Programa del Congreso se inicia con la intervención del Ministerio de Fomento, que con la Conferencia Magistral "Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo ya una realidad en España. El nuevo Documento Básico DB HE de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación", desgranará los detalles definitivos de la nueva normativa a aplicar en 2019.

Tendremos tiempo también para el necesario debate, a través de varias Mesas Redondas con temáticas como “Financiación, inversión y viabilidad económica de los EECN: explorando nuevos modelos rentables en obra nueva y rehabilitación” o “Más allá de los Edificios de Energía Casi Nula: el reto de los Edificios de Energía Positiva” que abordará los retos tecnológicos y legales para conseguir que los edificios generen más energía de la que consumen. Como cierre al Congreso, en la “Mesa de Conclusiones y Clausura” se reflexionará sobre lo acontecido durante el encuentro, extrayendo las principales reflexiones y marcando la pauta a seguir en los próximos meses.

Además, contaremos con la exposición de 12 ponencias orales, seleccionadas por el Comité Técnico de entre las 81 propuestas recibidas en el llamamiento de Comunicaciones y Proyectos EECN. De ellas, 4 mostrarán proyectos de Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo, con diferentes usos, tanto en obra nueva como en rehabilitación, y las 8 restantes reflejarán la máxima innovación y actualidad de las temáticas clave del Congreso: Iniciativas para fomentar los EECN; Soluciones Arquitectónicas y Constructivas, Sistemas y Tecnologías Integrables, e Integración de Energías Renovables; Rendimientos Prestacionales Reales de los EECN: Medición y Verificación; Rehabilitación y Regeneración Urbana; Experiencias y Beneficios para los Usuarios; y Gestión y Mantenimiento.

Como es habitual, el Programa del Congreso se ha definido a partir de un llamamiento a la presentación de propuestas por parte de profesionales relacionados con todos los ámbitos en el sector. En este 2018 se han recibido 106 propuestas, que han derivado en 81 comunicaciones finales de las que 19, aproximadamente un 25%, han sido relativas a Proyectos EECN. Todo este material ha sido el objeto del trabajo de valoración del Comité Técnico del V Congreso Edificios Energía Casi Nula, un equipo formado por más de 40 profesionales expertos en Eficiencia Energética en la Edificación de diversos perfiles y con amplia experiencia, representantes de: Ministerio de Fomento, OECC, Ayuntamiento de Madrid, FEMP, CIEMAT, CDTI, INCASOL, IETcc, CSCAE, CGCOII, CGATE, CICCP, CAFMadrid, AVS, CENER, CARTIF, ATECYR, IFMA ESPAÑA, CEPCO, ANDIMAT, ASEFAVE, AFEC, CONAIF, AEDICI, Fundación Laboral de la Construcción, GBCE, ASA, CEDOM, AETIR, CECU, ACA, Plataforma PEP, WWF, Siber Ventilación y Grupo Tecma Red.

Por otro lado, destacar la importancia que ha tenido en la enorme difusión del Congreso el inestimable apoyo del sector, con cerca de 80 colaboradores a los que agradecemos su implicación e ideas: A3e, ACA, ADHAC, AEA, AECCTI, AEDICI, AEDIP, AETIR, AFEC, AFELMA, AFME, AHK, AIPEX, AISLA, AMI, ANAIP, ANAPE, ANDIMAT, ANERR, ANESE, ANFAPA, ASA, ASEFAVE, ASHRAE Spain Chapter, ASIT, ASPRIMA, ATECYR, AUS, AVEBIOM, AVS, BREEAM ES, BuildingSMART Spanish Chapter, CARTIF, CDTI, CECU, CEDOM, CEEC, CENER, CEPCO, CICCP, CGCOII, CIRCE, CNI, COAM, COIIM, CAF MADRID, CGATE, CIEMAT, COGEN ESPAÑA, CONAIF, CSCAE, COIT, COGITT/AEGITT, DOMOTYS, ENACE, EFENAR, EMVS, ENERAGEN, ENERGYLAB, EURECAT, F2E, FECOTEL, FENIE, FENITEL, FUNDACIÓN LABORAL DE LA CONSTRUCCIÓN, GBCE, HISPALYT, IFMA, IMDEA Energía, INNOVARCILLA, INST. CC. EDUARDO TORROJA, IVE, IPUR, IREC, ITH, Fundación LA CASA QUE AHORRA, Asociación KNX, LEITAT Technological Center, Madrid Network, PEP, SECARTYS, SMARTLIVINGPLAT, SOLARTYS, TECNALIA, UNEF, WIRES y WWF.

Y, por supuesto, sin la presencia de la industria un Congreso como este no estaría completo. Estamos realmente satisfechos de haber conseguido recibir, una vez más, el apoyo de empresas referencia en el sector de la eficiencia energética en la edificación, que ya han interiorizado el concepto de Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo como suyo, trasladándolo a sus soluciones y servicios:

- Patrocinio Platino: Siber Ventilación
- Patrocinio Oro: Aldes, BAXI, Kömmerling y Saint Gobain
- Patrocinio Plata: Junkers-Bosch, Knauf Insulation, Niessen, Saunier Duval, Sika, Ursa y Vaillant
- Patrocinio Bronce: Bomba de Calor-AFEC, Daikin, De Dietrich, Euronit e Hispalyt

Pero la difusión del conocimiento generado no se termina aquí. Como complemento al Programa del Congreso, este Libro de Comunicaciones y Proyectos EECN del V Congreso Edificios Energía Casi Nula incluye 78 propuestas seleccionadas por el Comité Técnico. Todas ellas, serán también publicadas en formato digital a través del Portal CONSTRUIBLE después de la celebración del evento. Y además, el Libro de Comunicaciones y Proyectos EECN podrá descargarse en digital de forma gratuita y comprarse en papel a través de Amazon, a partir de diciembre de 2018.

Quiero terminar dando gracias especiales al equipo de la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo del Ministerio de Fomento cuyo trabajo y colaboración siempre ha sido fundamental para este Congreso. Y, por supuesto, un agradecimiento generalizado a todos los que hacéis posible que cada año podamos reunirnos y compartir experiencias. No hay palabras para describir la generosa implicación que recibimos en cada edición para conseguir que el Congreso de Edificos Energía Casi Nula siga siendo la referencia sobre los edificios de alta eficiencia energética en España.

Madrid, Noviembre 2018

Inés Leal
Arquitecta
Directora V Congreso Edificios Energía Casi Nula

MIEMBROS COMITÉ TÉCNICO

- **Luis Vega**, Subdirector General Arquitectura y Edificación, Dirección General Arquitectura, Vivienda y Suelo, Ministerio de Fomento
- **Raúl Valiño**, Jefe Servicio, Área Edificación Sostenible, Subdirección General Arquitectura y Edificación, Ministerio de Fomento
- **Eduardo de Santiago**, Consejero Técnico, Subdirección General Urbanismo, Dirección General Arquitectura, Vivienda y Suelo, Ministerio de Fomento
- **Eduardo González**, Subdirector General Coordinación Acciones frente al Cambio Climático, Oficina Española Cambio Climático, OECC, Ministerio para la Transición Ecológica
- **Ramón López**, Jefe Servicio, Oficina Española Cambio Climático, OECC, Ministerio para la Transición Ecológica
- **Pilar Pereda**, Asesora Concejalía Desarrollo Sostenible, Ayuntamiento de Madrid
- **Marta Rodríguez**, Secretaria Comisión Urbanismo, Vivienda y Patrimonio Histórico, Federación Española Municipios y Provincias, FEMP
- **Rosario Heras**, Jefa Unidad Eficiencia Energética Edificación, CIEMAT
- **José Antonio Ferrer**, Investigador Unidad Eficiencia Energética Edificación y Coordinador Plataforma Tecnológica Española Eficiencia Energética, CIEMAT
- **Mª Luisa Revilla**, Representante Nacional Comité, Programa Energía Horizonte 2020, Centro Desarrollo Tecnológico Industrial, CDTI
- **Fernando Aranda**, Coordinación Técnica, Innovación y Eficiencia Energética, INCASOL, Generalitat Cataluña
- **Juan Queipo de Llano**, Responsable Unidad Calidad Construcción, Instituto Ciencias Construcción Eduardo Torroja, IETcc-CSIC
- **Rafael Villar**, Coordinador Energética Edificatoria y Sostenibilidad, Instituto Ciencias Construcción Eduardo Torroja, IETcc-CSIC
- **Gloria Gómez**, Consejo Superior Colegios Arquitectos España, CSCAE
- **Juan Layda**, Consejo General Colegios Oficiales Ingenieros Industriales, CGCOII
- **Juan López-Asiain**, Responsable Gabinete Técnico, Consejo General Arquitectura Técnica España, CGATE
- **Luis Irastorza**, Colegio Ingenieros Caminos, Canales y Puertos, CICCP
- **Fernando García**, Miembro Comisión Relaciones Institucionales, Colegio Profesional Administradores Fincas Madrid, CAFMadrid
- **Gonzalo Fernández**, Miembro Comisión Ejecutiva, Asociación Promotores Públicos Vivienda y Suelo, AVS
- **Florencio Manteca**, Director Departamento Energía en Edificación, Centro Nacional Energías Renovables, CENER
- **Miguel Ángel García**, Coordinador Proyectos, División Energía, Centro Tecnológico CARTIF
- **Miguel Ángel Llopis**, Presidente, Asociación Técnica Española Climatización y Refrigeración, ATECYR
- **Hernando Gutiérrez**, Gerente, Sociedad Española Facility Management, IFMA España
- **Luis Rodulfo**, Director General, Confed. Española Asociaciones Fabricantes Productos Construcción, CEPCO
- **Yago Massó**, Director Técnico, Asociación Nacional Fabricantes Materiales Aislantes, ANDIMAT
- **Pablo Martín**, Director, Asociación Española Fabricantes Fachadas Ligeras y Ventanas, ASEFAVE
- **Cecilia Salamanca**, Responsable Departamento Técnico, Asociación Fabricantes Equipos Climatización, AFEC
- **Alicia Huerga**, Departamento Técnico, Confederación Nacional Asociaciones Instaladores y Fluidos, CONAIF
- **Rafael Úrculo**, Vocal Junta Dir., Asociación Española Ingenierías e Ingenieros Consultores Instalaciones, AEDICI
- **Ana González**, Responsable Recursos Didácticos, Fundación Laboral Construcción
- **Dolores Huerta**, Secretaria Técnica, Green Building Council España, GBCe
- **Miguel Ángel Díaz**, Presidente, Asociación Sostenibilidad y Arquitectura, ASA
- **Sergio Melgosa**, Presidente, Asociación Española Termografía, AETIR
- **Ana Etchenique**, Vicepresidenta, Confederación Consumidores y Usuarios, CECU
- **José Luis López**, Coordinador Proyectos, Asociación Ciencias Ambientales, ACA
- **Daniel Sánchez**, Técnico, Plataforma Edificación Passivhaus, PEP
- **Raquel García**, Responsable Energía, Programa Clima y Energía, WWF España
- **Óscar Querol**, Director, Asociación Española Domótica e Inmótica, CEDOM
- **Santiago Pascual**, Responsable Técnico-Comercial, Siber Ventilación
- **Stefan Junestrand**, Director General, Grupo Tecma Red
- **Inés Leal**, Directora Congreso de Edificios Energía Casi Nula, Grupo Tecma Red

ÍNDICE

INICIATIVAS PARA FOMENTAR LOS EECN

ESPACIO FUTURA, PUNTO DE ENCUENTRO Y DIVULGACIÓN DE CONOCIMIENTO DENTRO DEL MUNDO DE LA VENTANA Y LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE 1
Javier Pastor, Daniel Morales, Sandra Ordóñez y Ester Pastor
VEKA Ibérica

ANÁLISIS ENERGÉTICO EN ESTABLECIMIENTOS HOTELEROS Y SU APLICACIÓN EN EECN 7
Ana Isabel Menéndez Suárez
EFINCO

LAS HERRAMIENTAS DE CERTIFICACIÓN COMO MOTOR DE CAMBIO 12
Miguel Díaz Martín y Margarita Álvarez Blanco
Ruiz-Larrea & Asociados

LA VALORACIÓN DE EDIFICIOS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES 18
Eduardo Serra Gesta
CoHispania

ENERINVEST - LA PLATAFORMA PARA LA FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DE ENERGÍA SOSTENIBLE EN ESPAÑA 24
María Luz Muñoz Contreras, Tamara Valladolid Sanz y Manuel García Peraire
EnerAgen Deloitte y CIRCE

CUESTIONES SOBRE LA ACTUALIZACIÓN DEL DB-HE 2018: UNA VISIÓN DEL INSTITUTO EDUARDO TORROJA (UNIDAD DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN) 30
Rafael Villar Burke, Daniel Jiménez González y Marta Sorribes Gil
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja-CSIC

INSTALACIÓN DE PUNTO DE RECARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS SUMINISTRADOS POR IF Y DESTINADO A LA COMUNIDAD EDUCATIVA DEL I.E.S. GRAN VÍA 36
Fco. José Serra Otero, Miguel Ángel Padilla Sáez, José Luis Blanca Zafra, Alejandro Martín Bertomeu, Mari Ángeles Rubio Sánchez y César Mateo Hernández
I.E.S. Gran Vía

SOLUCIONES ARQUITECTÓNICAS Y CONSTRUCTIVAS; SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS INTEGRABLES; E INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

ESTRATEGIAS PARA LOGRAR EECN EN CLIMA CÁLIDO MEDITERRÁNEO EN EDIFICIOS DE VIVIENDAS 42
Manuel Jesús Romero Rincón y Pedro Ginés Vicente Quiles
ETRES Consultores y Universidad Miguel Hernández de Elche

DEL CÓDIGO DE HAMMURABI A LOS EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN 48
Pedro García Sanmiguel y Nicolás Bermejo Presa
SAINT-GOBAIN HABITAT y SAINT-GOBAIN ISOVER

NUEVOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PROVENIENTES DE DESECHOS AGRÍCOLAS 54
Tomás Llorente Aguado y Ana Blasco Lahiguera
CombustionEco

HORMIGÓN CELULAR CURADO EN AUTOCLAVE: EL SISTEMA CONSTRUCTIVO QUE PONE LA ARQUITECTURA PASIVA AL ALCANCE DE TODOS 60
A. Javier Siles Conejo
idnais.es

INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN VIVIENDAS DE BOGOTÁ, COLOMBIA 65
Sergio Ballén Zamora, Martín Perea Duque, Adriana Serrano Santiago, Óscar Maurico García y Carolina Camargo García
Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

DECLARACIONES AMBIENTALES DE PRODUCTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN: UNA INICIATIVA SECTORIAL DE ANDECE PARA CONTRIBUIR AL OBJETIVO DE LOS EECN 71
Alejandro López Vidal
ANDECE (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón)

HACIA LA INDUSTRIALIZACIÓN TOTAL DE LA CONSTRUCCIÓN CON SISTEMAS MODULARES DE HORMIGÓN, COMO OPCIÓN IDÓNEA PARA LOGRAR EECN 76
Alejandro López Vidal
ANDECE (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón)

DISEÑO, MONTAJE Y ANÁLISIS DE UN MÓDULO DE FACHADA ACTIVA TERMOELÉCTRICA 81
María Ibáñez Puy, Jesús Miguel Alonso Pérez y Manolo González Díaz
Construcciones ACR

PROYECTO LOWUP: IMPLEMENTACIÓN DE CUATRO TECNOLOGÍAS EN PLANTA PILOTO - DETALLE DE KIT DE RECUPERACIÓN DE CALOR EN PANELES SOLARES FV CON MCF **87**
Raquel Simón Allué, Raúl Villén Domingo, Gonzalo Brun Gresa e Isabel Guedea Medrano
EndeF Engineering

REPERCUSIÓN ENERGÉTICA DE LAS INFILTRACIONES DE AIRE A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS RESIDENCIALES EN ESPAÑA **93**
Irene Poza Casado, Alberto Meiss, Miguel Ángel Padilla Marcos y Jesús Feijó Muñoz
Universidad de Valladolid

EJEMPLO DE EDIFICIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR SOSTENIBLE, SOLO EMPLEANDO AEROTERMIA DE ÚLTIMA GENERACIÓN, COMPACTA EN CLIMATIZACIÓN Y DEDICADA PARA AGUA CALIENTE SANITARIA **99**
Domingo González Arias
Saunier Duval (Vaillant Group)

OTIUM PERNET, VIVIENDAS DE CONSUMO ENERGÉTICO CASI NULO QUE INCORPORAN INVESTIGACIONES DE ACTUALIDAD EN GENERACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES Y DOMÓTICA **105**
Salvador Merino Córdoba, Francisco Guzmán Navarro, Miguel Ángel Martínez Bohórquez, Sergio Gómez Melgar, José Andrés Gil Ávila, Álvaro de Luna Albella y José Manuel Andújar Márquez
Universidad de Málaga, Otium Home, Estudio de Luna y Universidad de Huelva

TECNOLOGÍAS DE CLIMATIZACIÓN PARA LOS EECN EN LAS VIVIENDAS DE NUEVA CONSTRUCCIÓN **111**
Alberto Jiménez y Héctor Noguera
Baxi Calefacción

ACTIVACIÓN DE LA INERCIA TÉRMICA DEL HORMIGÓN EMPLEANDO SUS PROPIEDADES DIELÉCTRICAS **117**
Carlos Coquillat Mora
The Cottage Ritual

EL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA EN EDIFICIOS ESCOLARES DE CONSUMO CASI NULO **123**
José Manuel Castro Vázquez
Universidad Camilo José Cela

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONITORIZACIÓN DE VIVIENDA PASSIVHAUS EN CLIMA DE MONTAÑA **129**
Luis Fernández Gutiérrez
Coanda Passivhaus

SISTEMA DE AEROTERMIA CON CO2 PARA PRODUCCIÓN COMUNITARIA DE AGUA CALIENTE SANITARIA: RESIDENCIAL ARROYO FRESNO EECN **135**
Daniel Diedrich, Talia Dombriz y Susana Olivo
Universidad de Alcalá de Henares, DMDV Arquitectos y Lumelco

EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA UTILIZANDO RECURSOS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA (SOLAR, EÓLICA Y BIOMASA) Y MICROREDES INTELIGENTES **139**
Fernando López Rodríguez, Francisco Ayuga Tellez, Jose Antonio Juncá Ubierna, Manuel Soriano Baeza y Justo García Sanz Calcedo
Instituto de la Ingeniería de España (IIE) y Universidad de Extremadura

CÓMO AHORRAR AGUA Y ENERGÍA CREANDO SISTEMAS DE RETORNO EN INSTALACIONES SIN RETORNO **145**
Gustavo Díez
Grupo Presto Ibérica

LA PROTECCIÓN SOLAR INTERIOR Y SU CONTRIBUCIÓN A LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA Y ELIMINACIÓN DE EMISIONES DE CO2: CASO REAL **149**
María Blázquez Fernández
Verosol Ibérica

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE FACHADAS VENTILADAS CON MATERIALES COMPOSITES **154**
Peru Elguezabal Esnarrizaga, Beñat Arregi Goikolea e Izaskun Álvarez Álava
Tecnalia

COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE LAS BOMBAS DE CALOR EN LOS EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO **160**
Manuel Herrero
Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización (AFEC)

APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO TERMO-REFLECTANTE EN CUBIERTAS PARA MEJORAR EL AISLAMIENTO TÉRMICO **166**
Joan Ferré Sáinz de la Maza
Nanoavant

ISOBIO: COMPARATIVA DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA CALCULADA Y MEDIDA IN-SITU DE UN PANEL AISLANTE ESTRUCTURAL CON MATERIALES DE ORIGEN BIOLÓGICO **171**
Oliver Style, Bega Clavero y Vicenç Fulcarà
Progetic

APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES DE FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN UNA VIVIENDA DE CONSUMO CASI NULO **176**
Oliver Style, Vicenç Fulcarà y Bega Clavero
Progetic

REPERCUSIÓN DE LA INERCIA TÉRMICA EN CANTO DE FORJADO CON FACHADA LIGERA Y FACHADA TRADICIONAL **181**
Pablo Maroto Millán
Knauf España y Portugal

CUBIERTA AJARDINADA EN EL HOTEL GF VICTORIA DE TENERIFE **187**
Javier Teso
Sika España

ENVOLVENTE LIGERA DE HORMIGÓN LIBRE DE PUENTES TÉRMICOS **193**
Celia Zorzano Gonzalo, Pedro Pablo Zorzano Gonzalo, David Zorzano Gonzalo y Juan Zorzano Gonzalo
Insupanel

ACUMULADOR ACS TERMODINÁMICO SOBRE AIRE DE EXTRACCIÓN ACOPLADO A PANEL FOTOVOLTAICO **197**
Damien Labaume, Serge Buseyne, Fabien Bertrand y Miguel Lautour
ALDES

BOMBA DE CALOR HASTA 90°C CON REFRIGERANTE ECOLÓGICO DE CO2 DE MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES PARA APORTAR ACS AL HOTEL VINCCI THE MINT **202**
Susana Olivo y Alberto Esteban
Lumelco

RENDIMIENTOS PRESTACIONALES REALES DE LOS EECN: MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN

COMPARATIVA ENTRE LA MODELIZACIÓN ENERGÉTICA DE UN EECN CON MEDICIONES REALES EN CONTÍNUO Y EL CONFORT DE LOS USUARIOS **208**
Santiago Muelas, Álvaro Martínez y Nicolás Bermejo Presa
American Building System (ABS), SAINT-GOBAIN y SAINT-GOBAIN ISOVER

PUESTA EN MARCHA, MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN DE 28 RECUPERADORES DE CALOR DE ALTA EFICIENCIA CON CERTIFICACIÓN PASSIVHAUS EN EDIFICIO CON MÚLTIPLES USOS **214**
Xavier Bustamante Pujadas y Ricard Moncayo Viñes
ALB Sistemas

VERIFICACIÓN DE AHORROS ENERGÉTICOS EN EL DISTRITO TORRELAGO DE LAGUNA DE DUERO **220**
Andrés Macía Gómez, Alí Vasallo Belver, Carmen Muñoz Rodríguez, Enrique Martín Guillen, Javier Martín Sanz e Isabel Martín Sanz
Fundación CARTIF, VEOLIA y 3IA Ingeniería Acústica

INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A MEDICIÓN DE INFILTRACIONES **226**
Andrés Royuela del Val, Miguel Ángel Padilla Marcos, Alberto Meiss y Jesús Feijó Muñoz
Universidad de Valladolid

LEVEL(S): PROYECTO EUROPEO COMO SISTEMA DE INDICADORES DE RENDIMIENTO PRESTACIONAL DE LOS EDIFICIOS **232**
Paula Rivas Hesse, Nicolás Bermejo Presa, Dolores Huerta Carrascosa y Alberto Coloma Campal
Green Building Council España (GBCe) y SAINT-GOBAIN

ANÁLISIS Y ESTUDIO DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS RESIDENCIALES CON PROGRAMAS RECONOCIDOS **237**
Pablo Carnero Melero
Universitat Politècnica de València (UPV)

CONTROL DEL CEE PARA QUE LA "CALIFICACIÓN A" SEA UNA REALIDAD EN LA OBRA **243**
Juan María Hidalgo-Betanzos, Carlos García-Gáfaro, Laura Angulo Ortíz de Zárate, Eider Iribar-Solaberrieta, Imanol Ruíz de Vergara y José María Pedro Sala-Lizarraga
Universidad del País Vasco UPV/EHU

COMPORTAMIENTO REAL DE UNA CASA PASIVA DE ESCASA INERCIA EN UNA OLA DE CALOR MEDITERRÁNEA **249**
Oliver Style
Progetic

REHABILITACIÓN Y REGENERACIÓN URBANA

REHABILITACIÓN DEL PARQUE ARQUITECTÓNICO ACTUAL COMO PARTE FUNDAMENTAL DEL AHORRO ENERGÉTICO Y MEJORA DEL CONFORT **254**
Inés Rodríguez Marqués
Sitag Arquitectura

REFORMA INTEGRAL CON PRESUPUESTO DE VIVIENDA SOCIAL Y RESULTADOS DE EDIFICIO DE ENERGÍA CASI NULA **259**
Almudena López de Rego García-Arquimbau
Velux

CASE STUDY: "RENOVE MANOTERAS" SAN PEDRO DE CARDEÑA 50 -REHABILITACIÓN ENERGÉTICA Y ELIMINACIÓN DE BARRERAS ARQUITECTÓNICAS **264**
Carlos Bermúdez Alonso y Diana Hernando Navarro
Estudio Bher Arquitectos

LA REGENERACIÓN DEL BARRIO DEL AEROPUERTO DE MADRID **269**
José Luis López Delgado y Mireya Reguart Oyarbide
CREA Arquitectos Consultores y Estudio Reguart

MODERNISMO MODERNO: RECUPERACIÓN DE UNA FINCA HISTÓRICA VÍA EL ESTÁNDAR PASSIVHAUS **275**
Oliver Style, Bega Clavero, Vicenç Fulcarà y Lucía Olano
Progetic

IMPULSO DE LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DESDE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA **280**
Lluís Morer i Forns y Ainhoa Mata Pérez
Instituto Catalán de Energía

0,46 ALTA HERMETICIDAD EN REHABILITACIÓN ENERGÉTICA SOSTENIBLE **286**
Francesco Oliva y Octavio Cabello Villalobos
Zeroaplus

EXPERIENCIAS Y BENEFICIOS PARA LOS USUARIOS

LOS NUEVOS CENTROS EDUCATIVOS: EDIFICIOS SOSTENIBLES, SANOS Y FLEXIBLES **291**
Albert López Crespo
SOMFY ESPAÑA

SOLUCIONES "HUMAN CENTRIC LIGHTING", COMO COMPONENTE ESENCIAL DEL ECOSISTEMA DE LOS EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA **297**
Julio César Álvarez
LEDVANCE España

EN MADERA, OTRA FORMA DE VIVIR: ENTREPATIOS LAS CAROLINAS **301**
Gonzalo Anguita Alegret, Ana Etchenique Calvo e Iñaki Alonso Echeverría
FSC España (Forest Stewardship Council, CECU (Confederación de Consumidores y Usuarios) y sAtt

PROPUESTA DE PARTICIPACIÓN ACTIVA DEL USUARIO A TRAVÉS DE LAS TICS PARA ALCANZAR OBJETIVOS EECN - PROTOTIPO APP MÓVIL EN UN EDIFICIO SINGULAR DE MADRID **307**
Mª Teresa Cuerdo-Vilches y M.A. Navas-Martín
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja e Instituto de Salud Carlos III

GESTIÓN Y MANTENIMIENTO

GESTIÓN ENERGÉTICA EN EECN (EDIFICIOS CON BUENAS CERTIFICACIONES, PERO GESTIONADOS DE MANERA INCORRECTA) **313**
Raúl Cabrero, Luis Marqués, Andrea López y Liam Mc Laughlin
GEN Europe

EL PAPEL DEL USUARIO EN LOS EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA **318**
Eduardo Martín del Toro
ULPGC

REHABILITACIONES Y DEMOLICIONES MÁS SOSTENIBLES DE LA MANO DE AMBIAFME **323**
Jordi Prats y Lucas González
AFME y AMBIAFME

PROYECTOS EECN

PROYECTO DEMO BCN_NZEB **327**
Promotor: CRAVISON
Proyectista: Ferran Cintora

EL EDIFICIO CINE: UN AÑO EN ENTORNO DE ENERGÍA CERO **335**
Promotor: Norvento
Arquitectura: Francisco Mangado

OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA ALQUERÍA PARA CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO **342**
Promotores: Pilar Ferrer Lacruz y Rafael Royo Pastor
Proyectista: Carolina Aparicio Fernández

PABELLÓN POLIDEPORTIVO FOLGUEROLES **350**
Promotor: Ayuntamiento de Folgueroles
Arquitectura: Jonatan Domenench Arboleda

REHABILITACIÓN TIPO ENERPHIT DE UN COLEGIO PÚBLICO "EL GARROFER": RÚSTICO Y RESISTENTE **358**
Promotor: Ayuntamiento de Viladecans
Proyectistas: Energiehaus Arquitectos y Berta Pujol

NZEB LEPANTO 253 **365**
Promotor: Promotor privado
Proyectistas: Pich architects/Pich-Aguilera

FACHADAS VEGETALES COMBINADAS CON ENERGÍAS RENOVABLES POTENCIAN LA ARQUITECTURA EN EDIFICIO PÚBLICO DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO TESTADO Y EN USO EN MADRID **372**
Promotor: Ayuntamiento de Madrid
Proyectista: Carmen Gil Torres

BASA DE LA MORA, EDIFICIO RESIDENCIAL DE 165 VIVIENDAS MEDIANTE ESTÁNDAR PASSIVHAUS **380**
Promotor: Grupo Lobe
Proyectistas: Grupo Lobe y Gonzalo Urbizu Arquitectura

EDIFICIO ADAGIO I, 1ER MULTIFAMILIAR PASSIVHAUS EN CLIMA CÁLIDO **388**
Promotor: Grupo Lobe
Proyectistas: Grupo Lobe

RESIDENCIAL FLUMEN PLUS, PRIMER EDIFICIO MULTIFAMILIAR CERTIFICADO PASSIVHAUS PLUS DE ESPAÑA **394**
Promotor: Ayuntamiento de Zaragoza, Gestihabitate
Proyectistas: Grupo Lobe y Gonzalo Urbizu Arquitectura

HOTEL TOBAZO, REHABILITACIÓN EN ALTA MONTAÑA **401**
Promotor: Promotor privado
Proyectistas: Enrique Cano y José María Castejón/5310133 Agencia de Arquitectura, Mateo de Guadalfajara/Applus+

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE UN CENTRO ESCOLAR CON CRITERIOS DE CONSUMO CASI NULO EN LA COSTA CANTÁBRICA **408**
Promotor: Xunta de Galicia
Proyectista: José Manuel Castro Vázquez

NUEVO COMPLEJO EMPRESARIAL DE 39000 M2 Y 1240 PLAZAS DE APARCAMIENTO EN MADRID, LEED PLATINUM Y DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO TORRE RIOJA-MADRID **416**
Promotor: TORRE RIOJA-MADRID
Proyectistas: Astecar Consultores, R. Úrculo Ingenieros Consultores y Gabriel Martín Ingenieros Consultores

EDIFICIO RESIDENCIAL ARROYOFRESNO ECN PASSIVHAUS **424**
Promotor: Maqueda, Gallego y Álvarez / LANDEVEL
Proyectistas: Daniel Diedrich y Talia Dombriz, DMDVA ARQUITECTOS

NUEVO CAMPUS DE REE EN TRES CANTOS **432**
Promotor: Red Eléctrica Corporación
Proyectistas: Idom Ingeniería y Consultoría (Beatriz Olalla, Ana Díaz, Antonio Villanueva)

VIVIENDA UNIFAMILIAR DE CONSUMO CASI NULO EN VALDOVIÑO, GALICIA - EXPERIENCIA PASSIV **440**
Promotor: G. Porta Casas
Proyectista: Carmen Batanero Marcos

¿PASO A PASO O UN GRAN SALTO? EDIFICIO PLURIFAMILIAR CON CERTIFICACIÓN PASSIVHAUS-ENERPHIT EN GIRONA **446**
Promotor: MBD Real Estate
Proyectistas: Jordi Rodríguez-Roda y López-Pedrero-Roda Arquitectes

LA BORDA, PROMOCIÓN DE VIVIENDA COOPERATIVA CON CRITERIOS DE CALIDAD AMBIENTAL **453**
Promotor: La Borda, cooperativa d'habitatges en cessió d'ús
Proyectista: Lacol, Arquitectura Cooperativa

EDIFICIO DE 8 VIVIENDAS EN VIGO **461**
Promotor: COLON 11
Técnico Interviniente: Óscar Sánchez Martínez

Siber

Soluciones en calidad de aire interior para Edificios de Consumo Casi Nulo

Salud

- Renovación de aire en ausencia
- Evita humedades y moho
- Aire sano y filtrado

Confort

- Libre de ruidos exteriores
- Libre de olores molestos
- Temperatura estable todo el año

Eficiencia

- Recuperación de energía
- Refrescamiento nocturno pasivo
- Disminución demanda energética

Colaboramos en todas las fases del proyecto

Servicios al prescriptor, diseño y dimensionado

Apoyo al instalador y puesta en marcha

Certificación, garantía y mantenimiento

BOMBA
DE CALOR

Bomba de calor - Platinum BC iPlus V200 Integra

TODAS LAS SOLUCIONES DE CLIMATIZACIÓN EN UN ARMARIO COMPACTO.

Controla el calor, el frío y la temperatura del agua desde el mismo equipo.

UNIDAD
EXTERIOR

PLATINUM BC
IPLUS V200 INTEGRA

Presentamos lo último en bombas de calor BAXI que se acomodan a cualquier tipo de hogar.

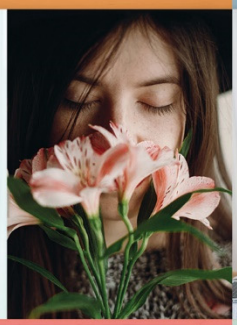
Producen frío, calor y agua caliente desde la misma unidad con un alto nivel de eficiencia. La gama de bombas de calor Platinum BC iPlus ha sido creada con el objetivo de poder acomodarla de forma rápida y sencilla en cualquier parte del hogar, pudiendo incluso instalarla en el interior de un armario de cocina.

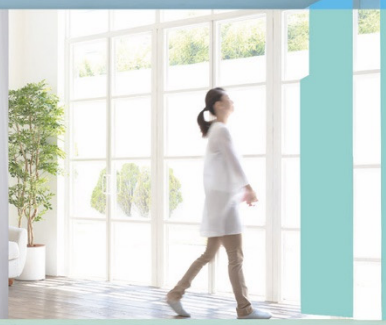
551 mm frontal
562 mm profundidad
2208 mm altura

www.baxi.es

BAXI
LA NUEVA CLIMATIZACIÓN

CREAMOS ESPACIOS CONFORTABLES PARA VIVIR Y MEJORAR EL DÍA A DÍA





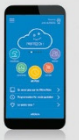
CONTRIBUIMOS A CUIDAR EL MEDIO AMBIENTE
CON MATERIALES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

www.saint-gobain.es

SGG CLIMALIT PLUS® ISOVER SAINT-GOBAIN Placo SAINT-GOBAIN weber SAINT-GOBAIN

SAINT-GOBAIN

MENOS PARTÍCULAS FINAS
MENOS ALERGIAS
MÁS INNOVACIÓN EN EL AIRE



Aldes Connect

InspirAIR® Home

La solución conectada Aldes de purificación de aire centralizada doble flujo que late al ritmo de su vida.

InspirAIR® Home purifica el aire y lo libera de sus contaminantes, microbios, virus y alérgenos con el fin de mejorar la calidad de vida de todos los ocupantes en chalés y pisos. Porque una vivienda late al ritmo de vida de sus ocupantes, **InspirAIR® Home** es igualmente la primera solución conectada Aldes de purificación del aire de alta eficiencia energética.

Permite verificar y controlar desde un smartphone la calidad del aire interior de la vivienda así como visualizar la calidad del aire exterior.

- Crédito fotos: Getty Images - 2015

#HealthyLiving*
*Un arte de vivir sano

aldes

¿ACEPTAS EL RETO?

Reto KÖMMERLING

Construir Edificios de Consumo Nulo con un coste de ejecución viable es posible y en KÖMMERLING lo vamos a demostrar.

retokommerling.com

KÖMMERLING®

#CongresoEECN5 @CongresoEECN

V Congreso EECN
Edificios Energía Casi Nula
Madrid, 28 Noviembre 2018

ORGANIZA:

GRUPOTECMARED

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE FOMENTO

COMUNICA:

CONSTRUIBLE.es
Todo Sobre Construcción Sostenible

PATROCINIO PLATINO:

Siber
Ventilación inteligente

SAINT-GOBAIN

PATROCINIO ORO:

KÖMMERLING
Sistemas de ventanas

aldes

BAXI
LA NUEVA CLIMATIZACIÓN

PATROCINIO PLATA:

Vaillant

JUNKERS
BOSCH

KNAUFINSULATION

NIESSEN
Design for living spaces

Saunier Duval
Siempre a tu lado

Sika
BUILDING TRUST

URSA

PATROCINIO BRONCE:

Euronit

BOMBA DE CALOR
AFEC

DAIKIN

HISPALYT
CERÁMICA PARA CONSTRUIR

De Dietrich
EL CONFORT DURADERO

APOYO INSTITUCIONAL:

MADRID

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

IDAE

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

oecc

COLABORA:

3e · ACA · adhoc · AEA · aecti · aedic · aedip · AETIR · AFEC · afelma · AFME · aipex · aislaecco · AMI · ANAIP · anape · andimat · ANERR · anese · ANFAPA 30 · asefave · ASHRAE Spain Chapter · ASIT · ASPRIMA · Atecyr · arquitectura sostenible · AVEBION · AVS gestores públicos · BREEAM ES · buildingSMART · AHK · CARTIF · CDTI · CEDOM · CEEC · CENER · CIEPCO · circe · cni · COAM · CAFMadrid · CGCITT / AEGITT · CSCAE · CGCOII · COGEN España · conaif · domotys · EfenAR · emvs Madrid · Enace · EnerAgen · energylab · eurecat · f2e · Fecotel · FENIE · FENITEL · GBCe · HISPALYT · IFMA España · idea energía · innovarcilla · CSIC · IVE · IREC · ITH · IPUR · KNX · la casa que ahora · LEITAT · Madrid Network · secartys · SmartLivingPlat · solartys · tecnalia · UNEF · WOMEN IN REAL ESTATE SPAIN · WWF

www.congreso-edificios-energia-casi-nula.es

ESPACIO FUTURA, PUNTO DE ENCUENTRO Y DIVULGACIÓN DE CONOCIMIENTO DENTRO DEL MUNDO DE LA VENTANA Y LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Javier Pastor, Methods & Engineering Manager, VEKA Ibérica
Daniel Morales, Prescriptor, VEKA Ibérica
Sandra Ordóñez, Marketing Manager, VEKA Ibérica
Ester Pastor, Responsable de Marketing a Clientes, VEKA Ibérica

Resumen: Espacio Futura ha sido creado para ser un punto de encuentro y divulgación de conocimiento dentro del mundo de la ventana y la construcción sostenible. Ubicado en el entorno industrial de VEKA Ibérica en Burgos, ha sido construido siguiendo técnicas arquitectónicas pioneras como es el estándar Passivhaus. El edificio combina sostenibilidad y funcionalidad sin renunciar a la belleza y a la elegancia. Espacio Futura es un lugar polivalente donde, aparte de disfrutar del diseño del espacio y de los productos más innovadores asociados a la vetana de PVC, se imparten formaciones de la mano de los mejores arquitectos y profesionales del sector. VEKA es el único fabricante de perfiles de PVC para ventanas, puertas y persianas que cuenta con un espacio de estas características a nivel nacional.

Palabras clave: Passivhaus, Construcción Sostenible, Ventanas PVC, VEKA, Eficiencia Energética, Arquitectura, Diseño, Perfiles PVC

¿POR QUÉ ESPACIO FUTURA?

Los objetivos principales de este nuevo espacio son:

- Impulsar el intercambio y generación de conocimiento sobre nuevas técnicas constructivas energéticamente eficientes.
- Mostrar los últimos avances tecnológicos e innovaciones de producto asociados a la ventana de PVC.
- Ofrecer la posibilidad de experimentar cómo es un espacio construido bajo estándar Passivhaus.

El edificio está ubicado en el entorno industrial de la planta de VEKA Ibérica en Burgos y ha sido construido de manera respetuosa con el medioambiente. Se trata de un nuevo espacio multifuncional que consta de un espacio central que puede articularse en tres escenarios diferentes: uno para ser utilizado como espacio de divulgación de conocimiento donde puedan impartirse conferencias (sala para ponencias), otro como espacio de experimentación para talleres donde se puedan ver y experimentar materiales y productos (sala de trabajo en grupo), y otro como sala de reuniones (Figura 3).

Figura 1. Vista exterior del edificio. Figura 2. Vista interior del edificio desde arriba. Lámpara de PVC y expositores de ventana.

A quién está dirigido

Espacio Futura tiene la misión de convertirse en el punto de referencia en el intercambio y generación de conocimiento en torno a la ventana de PVC como elemento clave en la construcción sostenible y se dirige a los siguientes públicos:

- Arquitectos
- Fabricantes de ventanas
- Constructoras
- Asociaciones profesionales
- Promotoras
- Universidades
- Medios de comunicación

EL PROYECTO

El proyecto materializa la demanda de la sociedad de experimentar viviendas de alto confort y nulo consumo energético debido a su desconocimiento.

Descripción

El concepto geométrico del edificio nace del propio logotipo corporativo de VEKA y se despliega en dos formas geométricas básicas, un cuadrado y un rectángulo, rotando entre sí para terminar generando dos volúmenes entrecruzados con diferentes alturas y acabados. El volumen principal está formado por un gran muro de carpintería de PVC VEKA abrazado por una evolvente blanca que lo realza y le otorga protagonismo. A su vez, el volumen de entrada se concibe en madera de color natural que se funde con el paisaje, evocando la sostenibilidad y el respeto al medio ambiente del propio edificio.

Anexo al edificio administrativo de VEKA Ibérica y a la fábrica, Espacio Futura se convierte en el elemento representativo del fabricante de perfiles de PVC. El edificio combina sostenibilidad y funcionalidad sin renunciar a la belleza y a la elegancia. Para completar la fusión del interior con el exterior ha sido diseñada una escultural lámpara compuesta por más de 400 perfiles de VEKA, que avanza desde el interior hasta el jardín simbolizando la esencia del proyecto de Espacio Futura.

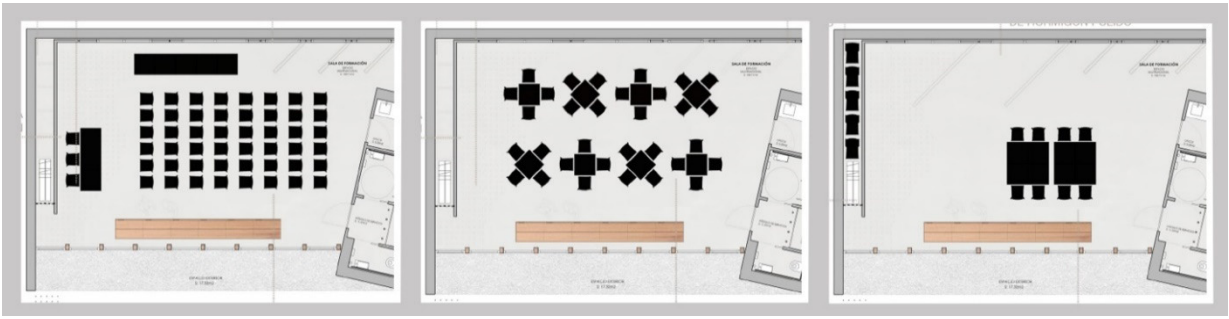


Figura 3. Imágenes de Propuesta de diseño. Planta Distribución, opción 1, 2 y 3. Sala de conferencias, trabajo en grupo y reunión respectivamente. Por Carmen Baselga_Taller de Proyectos.

Características técnicas

Materiales utilizados

- Construcción integral en madera con carpintería de PVC
- Solera de hormigón 50 cm aislada como acumulador térmico
- Revestimientos exteriores en SATE
- Entorno y jardín integrado
- Muebles e iluminación diseñados especialmente para el edificio

Número de ventanas instaladas

- 2.862 m de perfiles

- 85,20 m2 de superficie acristalada (40 % de la superficie exterior)

Valores del edificio

- Demanda de calefacción: 14,2 kWh/(m^2a)
- Demanda de refrigeración: 13,9 kWh/(m^2a)
- Hermeticidad: 0,3 renovaciones/hora

Aislamiento de la carpintería exterior

- Sistema: VEKA Softline 82
- Valores térmicos del perfil: U_f =1,0 W/m^2K
- Vidrios acústicos con aislamiento reforzado e intercalario térmico
- Valores térmicos del vidrio: U_g =0,5 W/m^2K
- Valores térmicos de las ventanas: U_w = 0,7 W/m^2K
- Valores acústicos: 44 (-1; -3) dBA tr

Construcción bajo estándar Passivhaus

Existen varios criterios para diseñar y certificar edificios de consumo casi nulo de energía. De entre ellos se ha seleccionado el estándar Passivhaus debido a que dicho estándar, además de tener en cuenta el balance energético de una vivienda, prima el confort de las personas. En concreto el estándar trabaja sobre:

- Un concepto global de la gestión de la energía del edificio: todos los equipos e instalaciones del edificio que influyen en la demanda de energía.
- Una demanda de estanqueidad mínima que elimina pérdidas energéticas.
- Una limitación de las corrientes interiores.

Además, el estándar Passivhaus se adelanta a las normativas actuales y prepara el camino para las futuras.

Retos conseguidos

La construcción de Espacio Futura ha supuesto importantes desafíos.

Por un lado, el proyecto ha planteado el reto de presentar mayor superficie acristalada que una casa pasiva convencional. Con una altura interior del edificio principal de 5 m, la planta total tiene una superficie de 157 m^2 y el espacio presenta un volumen interior de 670 m^3. El complejo cuenta con la fachada sur completamente acristalada, lo que representa 85,20 m^2 de superficie de vidrio, un 40 % de la superficie exterior.

Por otro lado, la carpintería ha sido construida con sistemas de perfiles de alta eficiencia energética Softline 82 con acabado Spectral en color Umbra Ultramate, una tecnología de color exclusiva del Grupo VEKA. El acristalamiento se ha realizado con triple vidrio de 52 mm y las ventanas han sido instaladas con un sellado perimetral interior y exterior para garantizar la estanqueidad.

En total, el edificio integra en su construcción 2.862 m de perfiles de PVC VEKA.

Cabe mencionar que el edificio consume en todo un año lo que un edificio normal de clase A en un mes.

El respeto al medioambiente está garantizado, la emisión de gases de efecto invernadero en la etapa de uso es de 5,36 $KgCO_2/m^2$/año.

El edificio está completamente monitorizado y domotizado. En este momento está en estudio su comportamiento térmico, acústico, de iluminación, la calidad del aire interior y corrientes de aire; y se encuentra en proceso de certificación Passivhaus.

Figura 4. Interior de Espacio Futura. Construcción anexa al espacio principal – vestíbulo.

Figura 5. Formación en Espacio Futura.

EVALUACIÓN DE IMPACTO Y REPERCUSIÓN DEL PROYECTO DURANTE 2018

Durante el año 2018 y desde su inauguración en el mes de febrero, han visitado Espacio Futura más de 500 personas, las cuales han acudido a los programas formativos de VEKA, a diferentes cursos y reuniones o simplemente a visitar el edificio interesados por conocer los materiales utilizados y estar un edificio de estas características.

Con los datos recogidos se ha realizado un estudio de las opiniones y vivencias experimentadas por esas personas cuyos resultados son analizados en este apartado.

Análisis de resultados

Segmentación del público recibido

De los asistentes recibidos, el edificio ha suscitado mayor interés en fabricantes de ventanas y distribuidores (con una asistencia del 60 %), en cuanto a arquitectos y técnicos son el segundo grupo mayoritario (20 %), y en menor afluencia, pero con tendencia creciente, también han acudido constructoras y promotoras (10 %) y universidades y centros formativos (10 %).

También hemos contado con asociaciones profesionales, las cuales han servido de puente y como colaboradores en los diferentes eventos y formaciones. Espacio Futura también ha sido sede para la organización de comités de expertos de cara a tratar diferentes temas relacionados con el sector.

Nivel de conocimiento previo sobre este tipo de concepto constructivo

En este apartado, señalar simplemente que las persona que han visitado Espacio Futura, aunque conocían en su mayoría el estándar y los nuevos modelos constructivos que se están desarrollando en España, poseían unos conocimientos básicos, por lo que califican la iniciativa de necesaria e innovadora.

Nivel de confort experimentado en el edificio

El nivel de confort se ha analizado en base a 5 parámetros que consideramos fundamentales y determinantes a la hora de medir la confortabilidad de un edificio como son: la iluminación, la temperatura, el ruido, la calidad del aire, y las corrientes experimentadas en el interior. Las calificaciones se han medido del 0 al 5, siendo 0 el nivel mínimo de confort y 5 el nivel máximo.

Generación de conciencia medioambiental

El 100 % de los encuestados señalan que este tipo de construcciones proporcionan beneficios medioambientales dado que reducen el consumo energético y las emisiones de $C0_2$ a la atmósfera.

Por otro lado, cabe señalar que ningún encuestado hace referencia al proceso constructivo en sí, que durante todas las fases y procedimientos a los que somete los materiales, promueve el respeto al medioambiente desde la misma concepción del edificio. Este dato deja patente el desconocimiento existente en esta materia y la necesidad de divulgación.

En un 20 % de ocasiones se menciona la calidad del aire respirado en el interior como algo positivo y a valorar.

Parámetro medido	Resultado en % sobre el nivel de confort					
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Iluminación	0 %	0 %	0 %	6 %	33 %	61 %
Temperatura	0 %	2 %	4%	12 %	35 %	47 %
Ruido	0 %	2 %	0 %	2 %	31 %	65 %
Calidad del aire	0 %	0 %	0 %	10 %	33 %	57 %
Corrientes	0 %	0 %	0 %	10 %	33 %	57 %

Tabla I. Resultados en % sobre el nivel de confort experimentado.

¿Cómo contribuye Espacio Futura a la divulgación del conocimiento de este tipo de construcción?

El análisis de este punto ha sido realizado mediante la segmentación por grupos profesionales:

- Arquitectos: los arquitectos y perfiles técnicos valoran positivamente el proyecto y creen que puede servirles para mostrar el producto a sus clientes, realizar presentaciones a las constructoras para las que trabajan y como apoyo para difundir este estándar de construcción.
- Fabricantes de ventanas: en este caso los fabricantes creen que la iniciativa va a ayudarles a formar a sus equipos comerciales ya que pueden ver y tocar in situ los productos, también lo pueden utilizar para realizar presentaciones a arquitectos o implementar el desarrollo de este modelo constructivo en lo que a instalación de ventana se refiere.
- Estudiantes, asociaciones y medios de comunicación: valoran la iniciativa como pionera y ven una oportunidad para difundir el estándar Passivhaus, así como otras iniciativas relacionadas con la eficiencia energética y la construcción sostenible. Cabe señalar que desde su lanzamiento, Espacio Futura ha tenido una importante repercusión mediática y universidades de diferentes puntos de España han acudido a sus instalaciones para ralizar sesiones formativas y de divulgación dentro de sus programas formativos.

Demandas de formación de los asistentes

Tras analizar las encuestas se constata que la experiencia ha sido positiva y además, existe una demanda de conocimiento sobre este tipo de edificaciones y materiales constructivos.

Respecto a las solicitudes formativas e iniciativas solicitadas para implementar en el edificio, tenemos la siguiente clasificación de 1 a 5. Los resultados se han obtenido seleccionando las respuestas que se han repetido mayor número de veces en los cuestionarios recogidos.

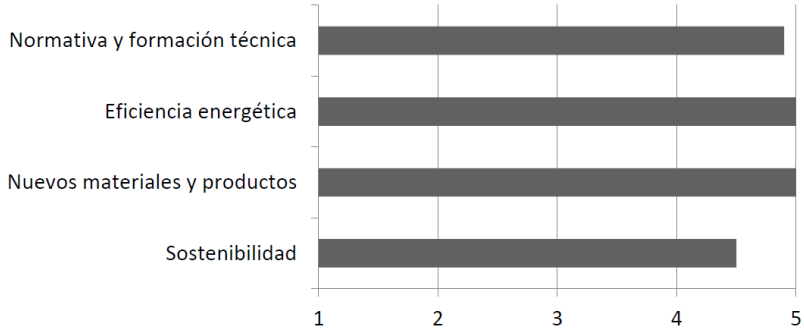


Figura 6. Gráfica con preferencias formativas de los asistentes.

ESPACIO FUTURA, VUESTRO ESPACIO

Espacio Futura cuenta con una plataforma virtual www.espaciofutura.veka.es en la que se puede encontrar información sobre el proyecto y las iniciativas que en él se llevan a cabo. La principal finalidad que tiene esta plataforma es la de poner a disposición de los interesados los programas formativos con los que cuenta VEKA y ofrecer la posibilidad de inscribirse a través de ella. Se ofertarán cursos para perfiles relacionados con el sector de la ventana y

la construcción con temáticas que giren en torno a la eficiencia energética y la divulgación de nuevas técnicas constructivas. También existe la posibilidad de realizar una reserva simplemente para visitar el espacio o incluso crear un evento peronalizado. Esta última opción contempla un gran número de posibilidades y es la que aprovechan universidades, centros formativos o asociaciones para impartir clases magistrales o utilizarlo como sede de sus juntas y/o comités.

Figura 7. Imágenes de la plataforma.

REFERENCIAS

- Passivhaus Institut. (2013). Motor de Cálculo PHPP 8.5, Manual de usuario.
- La Maison Passive - Avril 2015 PERFORMANCE ENERGETIQUE MESUREE ET COMPAREE DES BATIMENTS PASSIFS
- PROYECTO SECH-SPAHOUSEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España. INFORME FINAL. IDAE. 16 de julio de 2011.
- The Europen Parliament and the Council of the European Union, Directiva relative a la Eficiencia Energética de los Edificios 2010/31/EU.

ANÁLISIS ENERGÉTICO EN ESTABLECIMIENTOS HOTELEROS Y SU APLICACIÓN EN EECN

Ana Isabel Menéndez Suárez, Gerente, EFINCO

Resumen: Los actuales paradigmas del turismo sostenible exigen nuevos modelos de negocio, propulsores del cambio respecto al agotamiento de recursos, mantenimiento de entornos responsables con el entorno, viables económicamente y por supuesto sean motor de desarrollo en las empresas ayudándolas a ser más competitivas en un entorno tan exigente como es el turismo. EFINCO en colaboración con distintas empresas e instituciones regionales, ha realizado diversos estudios de la situación actual en la región de Asturias, que han permitido conocer y adaptar las necesidades de establecimientos turísticos a un cambio tecnológico con la gestión energética. La aplicación práctica permite una importante reducción de emisiones de gases efecto invernadero y la conversión de los gastos fijos de mantenimiento energético en variables, adaptando los inmuebles a la estacionalidad, sin necesidad de llevar las instalaciones al cierre.

Palabras clave: Tecnología, Energía, Cambio, Ahorro, Gestión, Medio Ambiente, Competitividad, Turismo, Adaptación

ANTECEDENTES

Asturias es una Comunidad Autónoma situada en el norte de España que cuenta con numerosos recursos naturales y culturales. A pesar de poseer una extensa costa con numerosas playas y calas y un entorno privilegiado desde el aspecto medioambiental, se encuentra, entre los destinos turísticos clasificados de interior, con una gran dependencia de la estacionalidad y con una estructura de alojamientos turísticos muy fragmentada y de tamaño pequeño.

A través de la colaboración con distintas organizaciones (AINER, CLUSTER TURISMO RURAL, FAEN) y empresas (EFINCO, URÍA Ingeniería de Instalaciones, LACC Ingenieros), ha podido realizar un estudio con cierta profundidad sobre el estado y necesidades de las distintas tipologías de alojamientos turísticos. Lo que permitido establecer una trazabilidad para poder analizar como optimizar el mix turístico, dotandolo de una mayor adaptación a la estacionalidad con una transformación de costes fijos en costes variables en función de la demanda.

La adecuación de la energía a las necesidades reales en las distintas temporadas cumple un triple objetivo:

1. Reducción de costes, que permite aumentar la competitividad que con una mayor flexibilidad en cuanto a la fijación de costes de pernoctación.
2. Un mayor acercamiento a la economía de baja emisiones de carbono, puesto que reducciones al consumo de energía influyen directamente en reducciones de emisiones de CO2.
3. Transformación e introdución del concepto EECN al sector hotelero proponiendo soluciones versátiles para la mejora del negocio a través de la mejora de los inmuebles.

TOMA DE DATOS, SITUACIÓN ACTUAL

Las tipologías de establecimientos seleccionadas han sido:

- Hotel de ciudad; Hotel ciudad de Gijón (grupo Silken), Hotel boutique Aris.
- Hotel rural; Hotel Navaron (grupo Nature), Hacienda Llamabúa.
- Apartamentos turismo rural (edificio con varios apartamentos independientes de alojamiento); Hacienda Llamabúa.
- Casona rural (casa de alquiler íntegro); Hacienda Llamabúa.

Se ha realizado un análisis de los distintos elementos que afectan; al confort interior, a los consumos energéticos y a las emisiones de CO2 procedentes de la calefacción y/o refrigeración. En todos los establecimientos se observa una falta de tratamiento de la envolvente, a pesar de ser todos relativamente nuevos y muy bien conservados, no se ha aplicado ninguno de los criterios pasivos de eficiencia energética, dando por sentado la no relación entre la reducción del consumo de energía y la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero.

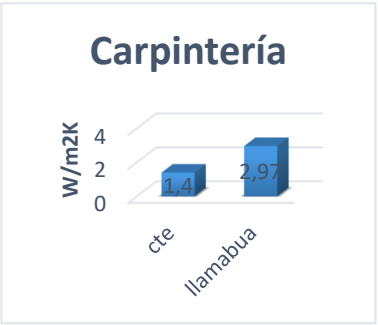


Figura 1. Carpintería exterior.

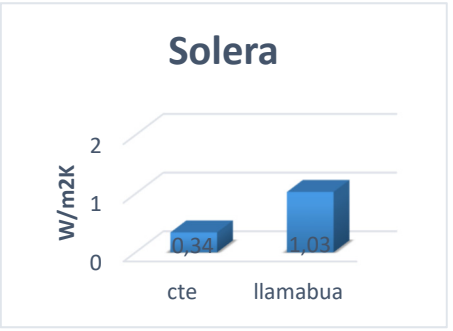


Figura 2. Solera en contacto con el terreno.

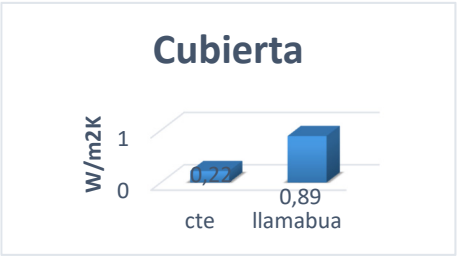


Figura 3. Cubierta.

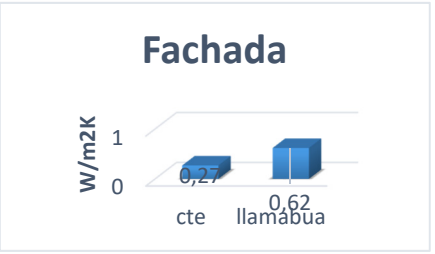


Figura 4. Fachadas exteriores.

Las figuras muestran las pérdidas admisibles desde el punto de vista de la normativa legal vigente en el presente 2018 en materia de edificación (Código Técnico de la Edificación; CTE) y las pérdidas reales de energía por los distintos elementos de envolvente del establecimiento. En todos los casos, estas diferencias duplican los límites legales establecidos.

Esta pérdida de energía conlleva gastos de mantenimiento excesivos durante los meses de baja temporalidad que obligan a una parte importante de los establecimientos de turismo rural a cerrar durante la estación de otoño-invierno. Pero, al mismo tiempo, la necesidad de un confort interior obliga a la utilización de recursos energéticos que en su combustión emiten importantes cantidades de gases efecto invernadero para aquellos establecimientos que deciden abrir sus puertas en temporadas de frío.

En el caso de los sistemas activos de producción de energía nos encontramos frente a otros retos. Los consumos eléctricos en la mayor parte de los establecimientos ya han sido reducidos aplicando políticas como la sustitución de luminarias convencionales por LED y la adecuación de los términos potencia a los consumos.

Sin embargo, se aprecia una falta de control interno de los usos de la energía, en ninguno de los establecimientos se conoce el destino pormenorizado de la energía, con lo que las políticas de ahorro energético, no se adecuan a las necesidades reales ya que se desconoce que elementos o usos son los que están consumiendo energía de un modo más desproporcionado. Por ejemplo, se desconoce la energía consumida por los equipos de cocina con respecto a la energía destinada a iluminación o elementos ornamentales. Tampoco se conoce los consumos de zonas comunes dependiendo de su uso, ni de los equipos que más energía necesitan para su funcionamiento.

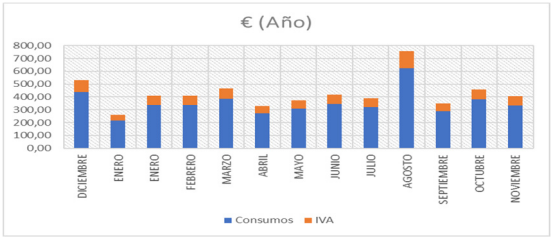


Figura 5. Consumos eléctricos anuales establecimiento rural.

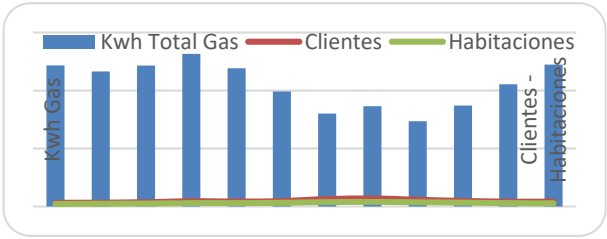


Figura 6. Total consumos en referencia a ocupación.

Si se analiza el gas (principal fuente de energía en los puntos donde existe el acceso a este recurso) los consumos son mucho más elevados en las épocas donde el nivel de ocupación es menor, lastrando los costes de mantenimiento en las temporadas de baja estacionalidad para mantener unos niveles de confort óptimos para los usuarios. Lo que implica en aquellos establecimientos de menor dimensión, como es el caso del turismo rural, la necesidad de cerrar durante los meses de frío por la incapacidad de afrontar la temporada y/o de no poder repercutir los costes energéticos al precio de la habitación.

RESULTADOS

Problemas detectados

Analizando los datos se observa en todos los establecimientos analizados una serie de similitudes con independencia de la ubicación o del tamaño y que se pueden resumir en los siguientes puntos:

1. Existe una falta de concienciación en el tratamiento de la envolvente. Se destinan muchos recursos a la estética tanto exterior como interior, pero se olvida la función de la envolvente que es la de proteger el interior frente al exterior. Si los nuevos y/o reformados establecimientos no contemplan un diseño arquitectónico más eficiente y sostenible, el resto de las fórmulas serán también ineficientes.
2. Los consumos energéticos no se gestionan. Existe un conocimiento de la cantidad de energía que necesita el establecimiento segregado en base a la fuente de suministro; electricidad, gas, gasóleo, pellets, … pero se desconoce cuales son los elementos que más consumen, rendimientos, horarios, y este desconocimiento da lugar a tratar los gastos energéticos como un coste fijo sin actuaciones específicas que reduzcan las emisiones o la cantidad de energía consumida.
3. Los equipos instalados están sobredimensionados y en la mayoría de los casos no han sido modulados para adaptarse a los picos de demanda, por lo que se consume más energía de la necesaria y se obliga a los equipos a trabajar con peores rendimientos.
4. Los establecimientos analizados se encuentran en muy buen estado de conservación (han sido reformados o construidos en los últimos 10 años) por lo que no necesitan inversiones en rehabilitación y/o instalaciones.

Figura 7. Hotel Ciudad Gijón.

Figura 8. Hacienda Llamabúa.

Retos a medio plazo

El clima por la situación geográfica es templado en verano y frío en invierno, por lo que la dependencia del confort interior en los establecimientos hoteleros ha de ser alto y el coste y las emisiones de CO_2 elevadas, no estando alineadas con las políticas de sostenibilidad a aplicar en el sector en los próximos años.

Las principales actuaciones para los próximos años deberían centrarse en:

1. Utilizar el diseño de edificios de un modo inteligente; aplicando criterios de eficiencia energética en envolventes; que permitirán un mayor confort interior y un control de la demanda de calefacción- refrigeración de los edificios.
2. Potenciar el uso de energías limpias en entornos respetuosos con el medioambiente, tanto en las zonas rurales como en las ciudades.
3. Utilizar la rehabilitación como un pilar de mejora energética y no solo como un elemento renovador de acabados exteriores. Cuando exista la necesidad de reformar potenciar la mejora energética.
4. Gestionar el uso de energía dentro de los establecimientos. Gracias a la conectividad y la capacidad actual de gestión de datos. Se hace indispensable para potenciar, no solo una reducción de consumos, sino un seguimiento eficiente de los recursos.

HACIA UN TURISMO MÁS INTELIGENTE, INICIANDO EL CAMINO

Todo el análisis previo presentado sirve como base para que los establecimientos hoteleros dispongan de información contrastada de las limitaciones y retos que habrán de afrontar en los próximos años para hacerse más competitivos y proyectar una imagen acorde a la esperada por un turista cada vez más exigente. Aprovechando los conocimientos adquiridos a través del estudio de establecimientos en funcionamiento, se propusieron traspasar las soluciones vislumbradas en los análisis del sector a algún caso práctico que sirviera como piloto o versión demostrativa para otros establecimientos del sector.

Figura 9. Fachada edificio.

Con la presentación del Hotel Aris se abrió la posibilidad de adaptar todos los aspectos de sostenibilidad y eficiencia estudiados “a priori” en un proyecto real de un establecimiento hotelero que abrirá sus puertas a principios de 2019 en la ciudad de Gijón.

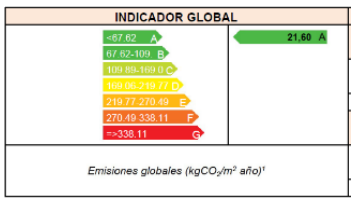


Figura 10. Indicador calificación energética.

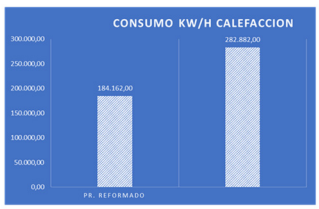


Gráfico 1. Reducción consumo calefacción.

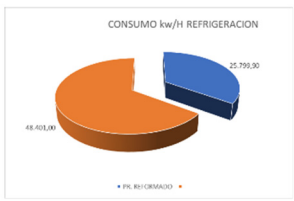


Grafico 2. Reducción consumo de refrigeración.

CARACTERÍSTICAS

- Aprovechamiento de los recursos; se reutiliza el edificio existente, no siendo necesaria la creación de nuevas infraestructuras urbanas y dotándolo de otra nueva vida útil sin coste medioambiental de demolición.
- Se potencia el patrimonio cultural; se trata de un edificio catalogado con fachada protegida del estilo “art decó” que acercará a los usuarios del establecimiento a la cultura urbana de principios de siglo.
- Se rehabilita el edificio actuando por el interior. Se aprovechan las obras a realizar para la optimización energética del establecimiento consiguiendo reducir el consumo de calefacción en más de un 35% y el de refrigeración en 47% con respecto a otro edificio que cumpla normativa vigente (CTE) y en más de un 86% con respecto a la situación original del inmueble.
- Las actuaciones realizadas en el edificio supondrán reducciones en emisiones de CO2 a la atmósfera superiores al 50% y que llegan hasta el 90% en el caso de la iluminación.

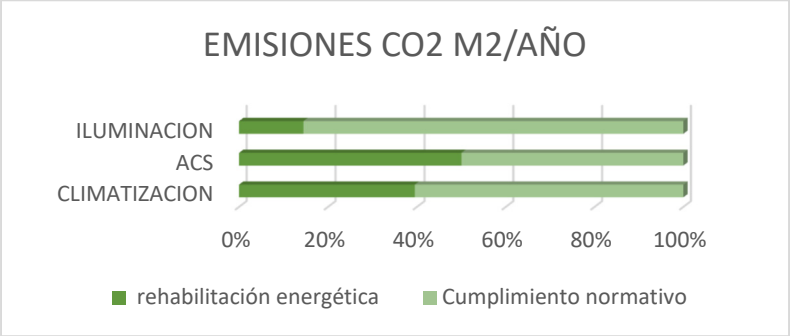


Grafico 3. Reducción emisiones CO2.

- Viabilidad económica; el ahorro generado en los dos primeros años amortiza el coste de inversión a mayores realizado para alcanzar el objetivo.
- Imagen del establecimiento mejora de la percepción del hotel por los clientes debido a su compromiso mediambiental y a su eficiencia energética.
- Gestión energética: Integración de un sistema de medición y tratamiento de datos que permitirá conocer los consumos en tiempo real, generar información acerca del estado de las instalación para prevención y mantenimiento y una adecuación de los consumos según las distintas necesidades transformando los costes fijos en variables. Lo que permitirá ajustar cada vez más los consumos y eliminar posibles ineficiencias.
- Reducción de la factura energética desde el primer momento, que permitirá amortizar las inversiones de forma rápida y a medio plazo, la competitividad en precios podrá ser mayor que la media de establecimientos.

AGRADECIMIENTOS

Esta comunicación ha sido posible gracias a la participación y colaboración de distintos agentes como Establecimientos hoteleros: Hacienda Llamabúa (Navia), Hotel Ciudad de Gijón (Silken), Constructora Los Campos a quien le agradecemos brindar la oportunidad de demostrar la viabilidad de diseñar de manera inteligente. Igual mención para el Clúster de turismo rural Asturas por abrirnos las puertas de sus asociados para facilitar datos fiables en el estudio del comportamiento de establecimientos rurales. Agradecemos también a las empresas partícipes: Eficiencia Integral Constructiva (EFINCO), Lacc Ingenieros (LACC) y Uría Ingeniería de Instalaciones (URIA).

REFERENCIAS

- Aislamiento en edificación. Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE). http://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/aislamiento-en-edificacion.
- Código Técnico de la Edificación. Ministerio de Fomento de España. https://www.codigotecnico.org
- EnergyPlus is funded by the U.S. Department of Energy's (DOE) Building Technologies Office (BTO), and managed by the National Renewable Energy Laboratory (NREL). https://energyplus.net
- Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE)
- Procedimiento general para la certificación energética de edificios existentes. Energía y desarrollo sostenible. Ministerio de Energía, Turismo y Agenda digital. Secretaria de Estado de Energía. http://www.minetad.gob.es/energía/desarrollo/eficienciaenergetica/certificacionenergetica/documentosreconocidos/paginas/procedimientos-certificacion-proyecto-terminados.aspx

LAS HERRAMIENTAS DE CERTIFICACIÓN COMO MOTOR DE CAMBIO

Miguel Díaz Martín, Arquitecto Director Rlab-Laboratorio de Sostenibilidad, Ruiz-Larrea & Asociados
Margarita Álvarez Blanco, Arquitecto Rlab, Ruiz-Larrea & Asociados

Resumen: Proyectar la arquitectura sin entender los compromisos con la biosfera que en la actualidad esto conlleva, entendiendo por tal el conjunto de seres vivos y el medio en el que se desarrollan, no es más que alargar la vida de un modelo que ya está agotado. Debemos de ser exigentes con estos compromisos y avanzar en el desarrollo de nuevas herramientas que nos posibiliten garantizar que la sostenibilidad no sólo se encamina hacia temas energéticos, sino hacia un entendimiento del sistema global en el que el ser humano está inmerso y del que forma parte entre millones de especies. Metodologías que certifican la sostenibilidad en la edificación hacen que se planteen nuevas maneras de enfocar el proyecto y su construcción para hacerlo con criterios que, además de en la energía, respondan a una manera respetuosa de hacer con el medio ambiente. Se presenta el proyecto de 98 viviendas en el barrio de Adelfas, promovido por ACCIONA y certificado con el sello medioambiental BREEAM, donde se han implementado criterios de sostenibilidad en temas como la gestión del agua, la energía incorporada de los materiales y su procedencia, las emisiones de CO_2 derivadas del transporte en obra y en el uso del edificio, además de mejorar la biodiversidad del emplazamiento. Adelfas es el primer proyecto en obtener una calificación BREEAM Muy Bueno en FD en residencial colectivo.

Palabras clave: BREEAM, Certificado, Agua, Materiales, Transporte, Uso del Suelo y Ecología, Innovación, Salud y Bienestar, Contaminación

98 VIVIENDAS EN EL BARRIO DE ADELFAS, MADRID

El proyecto analizado nace del diseño del estudio Ruiz-Larrea & Asociados, donde desde el primer boceto se planteó cumplir con los máximos criterios de sostenibilidad mediante la aplicación de estrategias que configuran la arquitectura pasiva característica de este residencial. La libertad emanada desde la normativa para realizar la implantación, lleva a analizar la parcela bajo criterios de optimización energética para definir la volumentría óptima, garantizando el máximo de viviendas pasantes con una iluminación natural adecuada. Se divide el bloque en dos pastillas, generando alineaciones a los linderos más largos, creando una grieta interior de luz y garantizando que todas las viviendas sean pasantes con orientación norte-sur. Estas estrategias de sostenibilidad se basan por un lado en el estudio del 'factor de forma' del volumen para que sea el que mejor aproveche las condiciones climáticas del lugar y su relación con el entorno, en el 'aislamiento continuo' que englobe toda la envolvente para evitar los puentes térmicos y la 'captación solar', aumentando con esa rotura del volumen en dos piezas la superficie de fachada que reciba radiación solar directa. Se realiza por otro lado una 'diferenciación de fachadas' entre la composición de la envolvente exterior de la pieza, resuelta con fachada ventilada con 10 cm de aislamiento de lana de roca, donde predomina el hueco vertical, y la envolvente interior, realizada en SATE de LR con 14cm de espesor. En esta predomina el hueco horizontal de manera que se mantienen las visuales desde el interior a los espacios verdes exteriores que rodean el edificio.

BREEAM: ¿EN QUÉ CONSISTE UN CERTIFICADO DE LA CONSTRUCCIÓN?

Los sellos de sostenibilidad se desarrollan para dotar a la construcción de una metodología mediante la cuál, con el uso de unas herramientas específicas, pueda analizarse y evaluarse el grado de sostenibilidad y 'compromiso medioambiental' que tienen los proyectos. De esta manera pueden compararse entre sí, creando una nueva forma de realizar su construcción, su operación e incluso su desmontaje o rehabilitación. La aplicación de BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) se traduce en el proyecto, entre otras cosas, en reducciones de su impacto en su entorno inmediato y en el medioambiente, mayor confort y calidad interior para los usuarios y una mayor rentablidad en la usabilidad del edificio.

METODOLOGÍA

El certificado BREEAM se basa en una metodología propia que se divide en un total de diez categorías. A esas categorías se le asignan unos determinados requisitos que varían en función de la tipología de edificio a certificar, y que se deben de cumplir para obtener una serie de puntos que determinarán la clasificación del proyecto previa aplicación de un factor de ponderación ambiental. El objetivo principal es conseguir, entre otros, reducir las emisiones de CO2 derivadas de las acciones que conllevan el uso y construcción de un edificio.

Figura 1. Imágenes del residencial Adelfas98.

Gestión

Esta categoría evalúa cada uno de los impactos que se derivan de la construcción de un edificio, fomentando prácticas de construcción responsables. En este residencial se han aplicado códigos de conductas sociales y medioambientales y Sistemas de Gestión Ambiental que impulsan una gestión de la obra respetuosa con el medio ambiente y la sociedad.

La construcción de un edificio lleva asociada, incluso de manera indirecta, una serie de emisiones de CO_2 que habitualmente no se auditan. El avance de este proyecto en estos términos radica en que se han computado, entre otras, las emisiones derivadas del transporte comercial de los materiales a y desde la obra; y que se han marcado unos objetivos máximos de consumos de agua y energía de todo el proceso constructivo, registrando mes a mes sus datos reales finales. Con las mediciones resultantes se pretende tratar de reducir al máximo en futuras construcciones las necesidades energéticas, de agua, y de emisiones de CO_2, poniendo el foco no sólo en la vida útil del edificio sino también en su proceso constructivo.

Para la obtención de los datos relativos al transporte, durante todo el proceso de obra se han ido registrando los kilómetros recorridos y el tipo de vehículo usado para transportar cada uno de los materiales de las partidas más significativas. Se han computado los siguientes: hormigón, acero corrugado, pilotes prefabricados, ladrillo, mortero, acero laminado, cemento cola, carpinterías y placa de yeso laminado. Mediante el uso de diversos factores de conversión basados en el tipo de transporte (camión articulado o rígido, furgoneta y/o coche con motor grande, medio o pequeño) y el tipo de combustible usado (gasolina, diésel, gas natural comprimido y/o gas licuado de petróleo), se han podido auditar las emisiones de CO_2 que se han derivado de cada uno de ellos. La fuente sobre la que se basan esos factores de conversión se trata en primer lugar y para los vehículos pequeños (coches y furgonetas), del "Inventario Nacional de Emisiones Atmosféricas (Netcen, 2005)" que se apoya en datos del DTI combinados con factores de TRL como funciones de la velocidad media de vehículos derivados de datos de ensayos realizados en ciclos reales. En segundo lugar, y para los transportes de materiales que se han realizado en camiones, en las "Directrices para la Información Corporativa sobre Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, DEFRA, Encuesta Continua de Transporte de Mercancías por Carretera 2001". Los resultados se muestran a continuación:

materiales	kg CO_2	distancia desde obra	km recorridos totales
Hormigón		3.84 km	5852.2 km
Acero corrugado		255.0 km	48960.0 km
Pilotes prefabricados		443 y 545 km	12538.0 km
Ladrillo		22.1 km	2077.4 km
Mortero		14.9 km	3844.2 km
Acero laminado		349.0 km	1396.0 km
Cemento cola		22.1 km	265.2 km
Carpinterías		305.0 km	7930.0 km
Placa yeso laminado		14.9, 17.2 y 5.1 km	521.0 km
TOTALES	78669.88 kg CO_2		83384.0 km

Figura 2. Gráfico sobre las emisiones en kg de CO_2 derivadas del transporte de materiales.

Estos km recorridos totales equivalen a dar dos veces la vuelta al mundo por su cincunferencia en el Ecuador.

Salud y Bienestar

El objetivo principal de esta categoría es proporcionar el máximo confort interior, aplicando criterios que implican exigencias superiores a lo que la normativa requiere. Así, se ha conseguido potenciar la iluminación natural en cada una de las estancias principales de las viviendas, exigiendo unos valores mínimos que han sido analizados mediante la herramienta informática "Ecotect". Se ha cuantificado el factor de luz natural de todos los salones y dormitorios destinados a oficina en casa, superando siempre el factor mínimo necesario establecido para esa latitud (3,0).

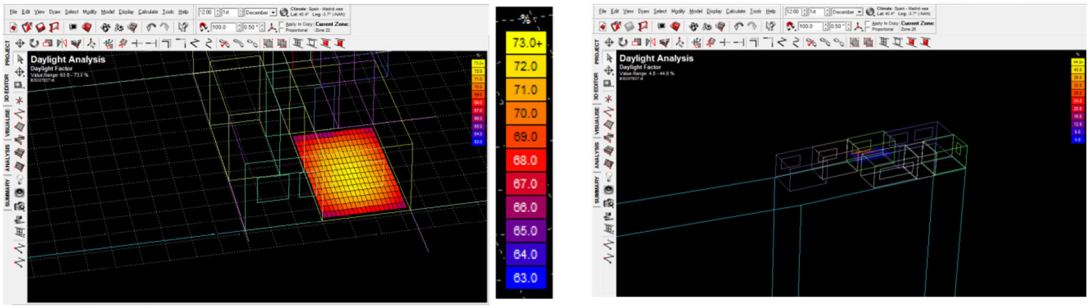


Figura 3. Simulaciones lumínicas con Ecotect del salón (Vivienda tipo 2D) y dormitorio (Vivienda tipo 3D-b).

Respecto a la ventilación natural, todas las estancias principales tienen ventanas que permiten la renovación de aire, estudiándose la superficie practicable del hueco en relación a la superficie útil de la estancia. El Código Técnico de la Edificación exige que la superficie de ventilación sea como mínimo 1/20 de la superficie útil de la estancia que ventilan, aunque el Plan General de Ordenación Urbana de Madrid limita ese dato a 1/12. Aplicando los criterios de esta certificación reducimos esa cifra a 1/8, lo cual se traduce en un aumento de la superficie practicable en más del doble si nos fijamos en lo establecido por el CTE, y en 1,5 veces según los límites expuestos por la Comunidad de Madrid. Esta acción permite mejorar la calidad del aire interior de las viviendas, además de potenciar la disminución de la temperatura en primavera y otoño, e incluso en las noches de verano sin con ello aumentar el gasto energético.

Para evitar la toxicidad que producen determinados materiales en el aire del interior de las viviendas, el 100% de los materiales usados como acabado interno han sido testados para comprobar su nula emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV), mediante las diferentes normativas que lo regulan. Así, la pintura usada en las paredes y en el lacado de puertas y armarios ha sido probada de acuerdo a la Norma UNE EN 11890-2:2013 y cumple con los valores límite de fase II de contenido máximo de COV que se establece en el Anexo II de la Directiva 2004/42/CE sobre Pintura Decorativa. Los tableros de puertas y armarios han sido certificados según el Estándar Europeo UNE EN 13986:2006 + A1:2015 y cumplen con el nivel de emisiones exigido de Formaldehido E1 que se muestran en la Norma UNE EN 717-1:2006, verificando la ausencia de conservantes regulados de madera. Los paneles de falso techo usados se han probado de acuerdo al Estándar Europeo UNE EN 13964:2006/A1:2008, cumpliendo con el nivel de emisiones exigido de Formaldehido E1 de acuerdo a la Norma UNE EN 717-1:2006 y verificando la ausencia de amianto. Por último, el adhesivo cementoso usado en el suelo ha sido certificado de acuerdo al Estándar Europeo UNE EN 13999-1:2014, verificando la ausencia de sustancias volátiles cancerígenas o sensibilizantes mediante las Normas UNE EN 13999-2:2014, UNE EN 13999-3:2007 + A1:2009 y UNE EN 13999-4:2007 + A1:2009.

Energía

El estudio pormenorizado de la envolvente térmica del edificio y el uso de sistemas activos eficientes ha permitido reducir la demanda energética del residencial a la vez que su consumo energético, traduciéndose directamente en una reducción de las emisiones de CO_2. La calificación energética de un edificio se expresa por medio de una serie de indicadores, dividiéndose éstos en indicadores principales (emisiones anuales de CO_2 y consumo anual de energía primaria no renovable) e indicadores complementarios (demanda energética anual de calefacción y de refrigeración, consumo anual de energía primaria no renovable desagregada por servicios, emisiones anuales de CO_2 desagregada por servicios y emisiones anuales de CO_2 desagregada por consumo eléctrico y por otros combustibles). El residencial se ha certificado mediante la Herramienta Unificada Lider Calener, y ha obtenido la letra "A" en emisiones de CO_2. Así, el dato global de éstas son 7,37 $kgCO_2/m^2$año, compuesto por unos indicadores parciales de 4,42 $kgCO_2/m^2$año (calefacción), 1,89 $kgCO_2/m^2$año (refrigeración) y 1,05 $kgCO_2/m^2$año (ACS).

Considerando esas emisiones anuales reales (Índice de Eficiencia Energética del Edificio Real, BEPI), se ha procedido a calcular el porcentaje de mejora de ellas respecto a los estándares actuales, basados en una tipología de edificio nuevo en bloque y de uso residencial privado situado en Madrid (zona climática "D3"). Este dato, calificado como Índice de Eficiencia Energética del Edificio Objeto (CSBEPI), ha sido definido por el IDAE en el documento "*Calificación de la eficiencia energética de edificios*" y ofrece los siguientes resultados según las características que anteriormente se han expresado: indicador global de 22,68 $kgCO_2/m^2$año, compuesto por unos indicadores parciales de 17,00 $kgCO_2/m^2$año (calefacción), 3,70 $kgCO_2/m^2$año (refrigeración) y 1,98 $kgCO_2/m^2$año (ACS). El porcentaje de mejora de emisiones de CO_2 que consigue el residencial se sitúa en el 67,50%, donde:

% mejora = 100 x (CSBEPI – BEPI) / CSBEPI
% mejora = 100 x (22,68 – 7,37) / 22,68; % mejora = 67,50%

Transporte

Según datos del Ministerio para la Transición Ecológica "el sector transporte representa el 25% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero en España y casi el 40% de las emisiones de los sectores difusos." El transporte derivado de las comunicaciones internas en las ciudades es el responsable, en gran medida, de los problemas de contaminación que sufren nuestras urbes. Si se fomenta edificar en zonas ya consolidadas o que dispongan de las infraestructuras de transporte público necesarias para la movilidad de las personas, reduciremos la necesidad del vehículo privado o de crear nuevas redes de transporte.

Fomentar la construcción en la ciudad consolidada o con núcleos de transporte cercanos al edificio, junto con trabajar en favorecer las nuevas formas de movilidad urbanas, son los objetivos fundamentales de esta categoría. El proyecto objeto, situado en el barrio de Adelfas en Madrid, cumple con el máximo nivel respecto a estos criterios. Se han analizado todos los medios de transporte disponibles en la zona, situándose el más cercano a 150 m (autobús). Acceder a ellos a pie sin la necesidad del uso del transporte privado y disponer de una frecuencia óptima (menos de 5 min en hora punta) posibilita unas comunicaciones fáciles y rápidas de unos puntos a otros de la ciudad.

Para favorecer las nuevas formas de trabajo que la sociedad actual demanda, se ha diseñado el residencial de forma que los usuarios pueden trabajar desde su propia casa o bien acceden caminando a él gracias a la existencia de una zona de coworking a menos de 1000 m del edificio donde pueden desarrollar su trabajo. Por otro lado, avanzando en el concepto de movilidad urbana, se facilita la disponibilidad a nuevas formas de transporte compartido, como una plataforma de alquiler de vehículos que ofrece a los usuarios la posibilidad de compartir una flota de coches propia. Todas estas medidas proporcionan una disminución de las emisiones de CO_2, tanto las derivadas del transporte como de la generación de esos medios.

Agua

La Gestión Integral del Agua ha sido otro pilar fundamental en la concepción de este residencial. Se ha entendido desde el proyecto como un elemento más en el diseño del mismo. Por ello y para reducir la demanda, se ha estudiado toda la vegetación, seleccionando plantas autóctonas originales del clima de Madrid que están adaptadas hídricamente a la zona, evitando así la instalación de un sistema de riego (*ver apartado Uso del Suelo y Ecología*). A su vez, se analizaron las escorrentías naturales del lugar para evitar alterar la morfología del terreno.

Además, en este residencial se ha apostado profundamente en la aplicación de medidas que permiten reducir considerable el consumo. Se han instalado en todo el edificio, incluyendo zonas comunes, inodoros de doble descarga de 4,5/2,5 l; grifos de bajo consumo con una limitación de caudal de 6 l/min a 3 bares de presión en las cocinas de las viviendas, y 5 l/min a 3 bares para los grifos de los lavabos y bidés tanto de las viviendas como de las zonas comunes. Por último, todas las duchas que se han instalado, tienen una limitación de caudal máxima de 9 l/min a 3 bares de presión.

Materiales

Los materiales utilizados en construcción, llevan asociados diversos impactos ambientales, como son los consumos de recursos que se derivan de su elaboración, de su transporte hasta la obra y de su posterior eliminación. Es necesario reducir al máximo cada uno de esos procesos para conseguir eliminar al máximo sus impactos, además del estudio de todo su ciclo de vida para conseguir en la medida de lo posible su retornabilidad.

Para la construcción de este edificio se han utilizado materiales sostenibles con un bajo impacto ambiental, certificado por medio de Declaraciones Ambientales de Producto (DAP). Este tipo de etiquetas ecológicas proporcionan datos ambientales cuantificados que permiten a los consumidores la comparación de productos que cumplen con una misma función, lo cual posibilita seleccionar el que menores emisiones tiene durante todo su ciclo de vida. En concreto, todos los aislamientos, tabiques de cartón-yeso, pavimentos de urbanización y vidrios que se han usado en el residencial disponen de DAP de acuerdo a la Norma UNE EN ISO 14025:2010 y UNE EN 15804:2012 + A1:2014. A su vez, se ha potenciado el uso de materiales locales reduciendo así las emisiones procedentes del transporte de éstos hacia la obra (*ver apartado Gestión*).

Residuos

Esta categoría trata de evaluar y potenciar una gestión eficaz de todos los residuos derivados del funcionamiento del edificio, a la vez que estudia reducir la cantidad de residuos que son desviados al vertedero. Se fomenta así el concepto de 7R (*Reflexionar, Rechazar, Reducir, Reutilizar, Reciclar, Redistribuir y Reclamar)*. Para ello, se han tratado 3 escalas diferentes; vivienda, comunitaria y urbana. En la primera escala se ha tratado el diseño de cada cocina y tendedero para permitir la instalación de un total de 6 contenedores de diferentes capacidades en función del tipo de residuo que se recoge; 4 cubos de 45 litros cada uno para la recogida y posterior reciclaje de la materia orgánica, los plásticos y metales, el papel y cartón y el vidrio. Por otro lado 2 contenedores de 7 litros de capacidad cada uno para acumulación de las pilas y acumuladores y los aceites vegetales de la cocina. En la escala comunitaria se ha reservado un espacio de almacenamiento y reciclaje de todos esos residuos, además de potenciar el compostaje de los residuos de poda y jardinería, especificándose un espacio comunitario para el almacenamiento de ese tipo de residuos y su posterior compostaje. Así, se ha instalado una compostadora y se ha facilitado un plan de gestión promoviendo que el compost se realice de forma apropiada. A nivel urbano se ha promovido el sistema de "recogida puerta a puerta".

Uso del Suelo y Ecología

La construcción de un edificio conlleva impactos en el lugar llevando asociado la modificación del valor ecológico de la zona. En este ámbito, gracias al estudio particular de la parcela objeto de estudio, se ha conseguido aumentar el valor ecológico de la misma, ya que carecía de él. Un ecólogo y un especialista en erosión del suelo han realizado una serie de informes (Informe Ecológico, Plan de Gestión de la Biodiversidad e Informe de Control de la Erosión), donde establecieron una serie de criterios en el diseño y la ejecución de manera que elevase el valor ecológico de la zona. Esas medidas se han llevado a cabo durante todo el proceso de construcción y se basaron en la introducción de especies autóctonas, la eliminación de especies invasoras y la utilización de técnicas y recursos naturales de bajo impacto ambiental. Estas técnicas consisten en el mantenimiento óptimo y en la creación de zonas de mulching para conservar la humedad. No han sido necesarias la protección de especies, ni de la zona de obras ni de los alrededores, al no existir en ella variedades que necesitaran un especial cuidado.

Se ha potenciado la creación de un nuevo hábitat, introduciendo en las zonas verdes de las zonas comunes del residencial nuevas especies vegetales tales como: matas ("rosmarinus officinalis" y "lavandula angustifolia") y tapizantes ("acanthus mollis", "spartium junceum" y "juniperus horizontalis"). La inclusión de la xerojardinería en la zona, además de elevar el valor del lugar, ha eliminado el consumo de agua destinado para el riego.

Contaminación

Esta categoría trata de reducir y evitar la contaminación derivada del uso de una edificación valorándola desde diferentes puntos de vista. La contaminación lumínica, que provoca insatisfacción en los usuarios de edificios colindantes y en el propio, se ha corregido por medio de sensores de luz natural e interruptores horarios que disminuyen o eliminan la intensidad de luz entre las 23:00 y las 07:00 h. La contaminación de los cursos de agua se ha eliminado gracias a la ejecución de una red de drenaje, que incluye separadores de aceite, y a la implantación de la parcela, ya que está localizada en una zona con una baja probabilidad anual de inundación.

Para reducir la contaminación por emisiones de óxido de nitrógeno (NO_x) derivadas de la fuente de calefacción, se han instalado un total de 4 calderas de combustión que, para cubrir la demanda de calefacción del edificio, tengan las mínimas emisiones posibles. Éstas no superan en concentración de NO_x el valor de 31 mg/kWh en seco para un exceso de O_2 del 0%, lo que produce una disminución anual de éstas en un 55% en comparación con un edificio convencional. En éstos habitualmente se instalan calderas tipo Clase 5, clasificadas según la *"Guía técnica de instalaciones de calefacción individual"* del IDAE como las menos contaminantes, con una concentración límite en NO_x de 70 mg/kWh.

Innovación

Con la introducción de esta categoría en este certificado de sostenibilidad, conseguimos darle un reconocimiento especial a ciertas acciones que en un principio carecían de valor según los requisitos estándar. Según la "*Guía Técnica de iluminación eficiente. Sector residencial y terciario*", el porcentaje de energía eléctrica dedicado a la iluminación en el sector residencial supone entre un 10-15% del total de la demanda. Además, mediante la aplicación de sistemas de iluminación eficiente tipo LED y la introducción de sistemas de control, se puede reducir esa demanda de energía en torno al 80% o incluso en porcentajes superiores en relación con el uso de sistemas convencionales. En este edificio se ha utilizado únicamente iluminación LED, tanto en zonas comunes (internas y externas), como en las luminarias internas fijas que se han instalado en las viviendas, situadas en cocinas, tendederos, baños, aseos, pasillos y distribuidores. En las zonas comunes interiores del edificio se han usado luminarias LED con una eficacia luminosa superior a 100 lm/W, y que además están controladas por medio de sensores de iluminación natural y sistemas de detección de presencia. Esto propicia comodidad al usuario gracias al encendido automático, que favorece además un uso reducido, a la vez que se traduce en un ahorro energético.

CONCLUSIONES

En los últimos años todos los agentes implicados en el desarrollo de la construcción hemos avanzado, motivados por la necesidad imperante de reducir emisiones de CO_2 y la problemática energética asociada, en el concepto de 'Edificios de consumo de Energía Casi Nula'. Esta acepción ha derivado en la definición cuantificable en términos de demanda y consumo energético durante la vida útil del uso del edificio y la cantidad de ésta que se aporta con fuentes renovables. En el proyecto analizado se ha pretendido ir más allá de la definición actual para plantear nuevas preguntas. ¿Es lo que entendemos por nZEB un verdadero 'edificio de consumo de energía casi nulo'? Aún hoy ni cuando el edificio fuese de balance positivo podríamos acercarnos a consumir cero energía, ya que lo estaríamos haciendo, motivados por la propia definición, únicamente desde los términos de energía necesaria para su usabilidad. Es primordial avanzar en analizar, entre otros, el ciclo de vida, la energía incorporada de todos los elementos o la interacción de los edificios dentro del complejo organismo denominado 'ciudad'. Es aquí donde debemos de minorar toda la energía, entendiéndola como un conjunto separado pero que es capaz de mover un todo. A su vez, debemos tomar consciencia global para no caer en el error de entender que la solución al problema energético en la edificación se puede dar únicamente desde la energía, ya que ésta está intrínseca en muchos otros aspectos conceptuales y de desarrollo del proyecto de manera tangencial. Un edificio consume energía en su uso, pero también lo hace en la propia construcción del mismo; en su posible desmontaje o rehabilitación; en la cantidad de agua que usa o derrocha. También la hay en el transporte que utilizan los usuarios para acceder a él o para construirlo, transformándose luego en emisiones de CO_2; al igual que en la cantidad de energía incorporada de todos los materiales que se usan en su construcción. Este proyecto representa, en términos de 'energía', un avance para entender que no va a ser suficiente en un futuro inmediato centrarnos únicamente en demanda, consumo y renovables, sino que debemos abrir el concepto para integrar otros aspectos que nos acerquen más a un edificio nZEB real.

REFERENCIAS

- BREEAM ES, Manual Técnico BREEAM ES VIVIENDA 2011, julio 2016, revisión 02.
- CTE, Código Técnico de la Edificación, junio 2017.
- IDAE, Guía técnica de iluminación eficiente sector residencial y terciario, 2006.
- IDAE, Guía técnica de instalaciones de calefacción individual, junio 2012.
- IDAE, Calificación de la eficiencia energética de los edificios, julio 2015, versión 1.0.
- Fotografias: Juan Hernández Torres.

LA VALORACIÓN DE EDIFICIOS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES

Eduardo Serra Gesta, Presidente, CoHispania

Resumen: El sector de la valoración tiene la obligación de renovarse y crear un estándar para tasaciones de edificios energéticamente eficientes. Es posible valorar un edificio desde el punto de vista sostenible pese a que existen pocos en España, algo en apariencia complicado aplicando la Orden Ministerial ECO/805/2003. Pese a no haber un mercado suficientemente representativo de comparables, datos adecuados sobre la evolución de precios en los últimos dos años, es posible considerar las características de las construcciones sostenibles en una valoración realizada conforme a la ECO y cuya finalidad sea mercado hipotecario.

Palabras clave: Valoración, Hipoteca Eficiente, Sociedad de Valoración, Edificios Energéticamente Eficientes, Tasación

LA VALORACIÓN UN EDIFICIO DESDE EL PUNTO DE VISTA SOSTENIBLE SÍ ES POSIBLE

Introducción

La construcción comienza su andadura hacia la eficiencia energética ya que a partir de 2020 serán de obligado cumplimiento las exigencias de la Directiva 2010/31 de la UE, relativa a la eficiencia energética de los edificios y modificada recientemente por la Directiva 2018/844/UE. La Directiva, de obligada transposición en los Estados miembros, indica que a partir de 31 de diciembre de 2018, todos los edificios públicos han de ser de consumo casi nulo (nZEB) y todos los edificios, sin excepción, lo han de ser a partir del 31 de diciembre de 2020. Este cambio en la construcción implica también una evolución en la financiación para su adquisición y la valoración de estos nuevos edificios teniendo en cuenta la eficiencia energética de los mismos.

Es de vital importancia apostar por el auge de la hipoteca verde o de eficiencia energética, así como la elaboración de unos estándares de valoración de edificios sostenibles. En España, y a pesar del todavía vacío legal, ya se superan los 23.000 metros cuadrados construidos y, se esperan 100.000 más gracias a los proyectos en marcha. Una sociedad de tasación homologada por el Banco de España y siguiendo las directrices de la normativa de valoración ECO/805/2003 para la finalidad de mercado hipotecario, puede valorar un inmueble teniendo en consideración los aspectos relativos a una edificación sostenible y energéticamente eficiente.

La valoración eficiente

La Orden Ministerial ECO/805/2003 es clara en su "artículo 21.- Requisitos para la utilización del método de comparación" donde se detalla que para la utilización de este método será necesario que se cumpla:

- La existencia de un mercado representativo de los inmuebles "comparables".
- Disponer de suficientes datos sobre transacciones u ofertas que permitan, en la zona de que se trate, identificar parámetros adecuados para realizar la "homogeneización" de comparables.
- Disponer de información suficiente sobre al menos seis transacciones u ofertas de comparables que reflejen adecuadamente la situación actual de dicho mercado.

De igual modo indica que, especialmente cuando se trate de la finalidad "Mercado Hipotecario" serán necesarios los siguientes requisitos:

- Disponer de datos adecuados (transacciones, ofertas, etc.) para estimar la evolución de los precios de compraventa en el "mercado local" de comparables durante al menos los 2 años anteriores a la fecha de la valoración.
- Disponer de información adecuada (datos propios, publicaciones oficiales o privadas, índices sobre evolución de precios, etc.) sobre el comportamiento histórico de las variables determinantes en la evolución de los precios del mercado inmobiliario de los inmuebles de usos análogos al que se valore, sobre el comportamiento de esos precios en el ciclo relevante al efecto y el estado actual de la coyuntura inmobiliaria.
- Contar con procedimientos adecuados que, a través de la detección de las ofertas o transacciones con datos anormales en el mercado local, posibiliten la identificación y eliminación de elementos especulativos.
- Se realizará la homogeneización de comparables con los criterios, coeficientes y/o ponderaciones que resulten adecuados para el inmueble de que se trate.

- Se asignará el valor del inmueble, neto de gastos de comercialización, en función de los precios homogeneizados, previa deducción de las servidumbres y limitaciones del dominio que recaigan sobre aquél y que no hayan sido tenidas en cuenta en la aplicación de las reglas precedentes.

Con esta estricta interpretación de la ECO (falta de un mercado inmobiliario idéntico y ante la creación de cualquier nuevo producto inmobiliario innovador o diferencial respecto a lo habitual) podría establecerse que:

- Ante la falta de mercado idéntico, se debería valorar por el Método de Coste: Suelo + Construcción + Gastos Generales o Asociados a la construcción, lo que implicaría una financiación muy baja para el cliente de la entidad financiera
- Asemejar las viviendas sostenibles y energéticamente eficientes a una vivienda de construcción tradicional lo cual sería infravalorar la vivienda sostenible e ir en contra de las recomendaciones mundiales sobre sostenibilidad del medioambiente.
- Asemejar las viviendas sostenibles y energéticamente eficientes a una vivienda de construcción tradicional, pero descontando los costes asociados a la sostenibilidad, lo cual iría en contra del principio de homogeneización que indica que el bien a valorar no se modifica sino los comparables.

Con este argumento sería válido considerar que construcciones emblemáticas por todos conocidas como la Ciudad Financiera del Santander, del BBVA o la Sede Central de Repsol son iguales a un edificio de oficinas convencional.

Figura 1. Ciudad Financiera del Banco Santander.

Esta consideración es una aberración que cualquier valorador no se puede permitir y va en contra de todos los principios de valoración internacionalmente reconocidos. Los elementos diferenciadores, entre el bien que se valora y los comparables, son las variables o características que forman parte de una homogeneización, por medio de la cual, se suman o se restan a los comparables dichas características, transformadas en unidades monetarias, lográndose así equivalentes al bien a valorar.

Es posible revisar otros ejemplos recientes que demuestran que es posible valorar un bien cuando no existen referencias de mercado similares, bien por características idénticas o por el tamaño de la operación:

- El País, 23 de enero 2008: 'El Banco Santander vende su Ciudad Financiera '
- Expansión, 1 de marzo de 2016: 'El Corte Ingles pone a la venta hasta 200 inmuebles'
- El País, 1 de diciembre de 2008: 'BBVA vende sedes en Madrid y Barcelona'

Todas fueron valoradas y encontrar mercados similares a estas operaciones se puede calificar de 'cuasi imposible' pero sin embargo se logró. Otros ejemplos:

- Cooperativa Arroyo Bodonal
- Cualquiera de las edificaciones de 100x100Madera

Parecen pequeños ejemplos, pero son el comienzo de una nueva historia del sector inmobiliario que se está empezando a escribir y que ha venido para quedarse.

Figura 2. Cooperativa Arroyo Bodonal, Tres Cantos (Madrid).

Por qué es posible valorar en un mercado emergente como el de la Eficiencia Energética

La ECO, al establecer el concepto de los 'comparables' indica que son inmuebles que se consideran 'similares' al inmueble objeto de valoración o 'adecuados' para aplicar la homogenización, teniendo en cuenta su localización, uso, tipología, superficie, antigüedad, estado de conservación, u otra característica física relevante. La lectura no dice que deban ser idénticos, pues la principal característica del mercado inmobiliario es su heterogeneidad, sino que habla de 'similares' e incluso ante la inexistencia de estos se refiere a estos como 'adecuados'.

De esta manera es posible acogerse a esta interpretación para hacer una comparación con datos de mercado que no sean exactamente idénticos y que se proceda a realizar una homogenización teniendo en cuenta la diferencia en sus características o incluso, como dice la Orden ECO, con 'otra característica física relevante'. Hay pocos aspectos más relevantes que la diferencia en los materiales de construcción, instalaciones, sostenibilidad, potencial de reciclado o eficiencia energética. Estos elementos son los que permiten realizar una comparación entre la vivienda sostenible y energéticamente eficiente con una que no lo es. La metodología de transformación a una 'vivienda equivalente' es la que da sentido a la valoración, y eso es declarado en la ECO como proceso de 'homogenización'.

Aun así, es posible que alguien interprete que no existe mercado similar en el entorno y por lo tanto no es posible calcular el Valor de Mercado utilizando el Método de Comparación. Para ello, la ECO determina que el mercado representativo se califica o adjetiva como 'local': 'El mercado inmobiliario sectorial siempre que resulte representativo para su comparación dentro del territorio nacional". De esta manera, el ámbito de comparación ya no se limita al entorno inmediato, sino a aquellos otros puntos de la geografía nacional por medio de una 'clusterización' o "agrupación" de municipios que pudieran llegar a ser semejantes.

El papel del valorador y la importancia de la formación

El valorador inmobiliario tradicional no está preparado para este tipo de valoraciones. Se trata de un lenguaje técnico especialmente nuevo e innovador al menos en España y del que muy pocos técnicos están debidamente formados. Esto requiere un compromiso a nivel del sector de la valoración en crear una formación específica en esta materia. Por ello, el pasado mes de marzo CoHispania solicitó formalmente al Presidente de la Asociación Española de Análisis del Valor (AEV) la creación de una Comisión Técnica para estudiar y analizar cómo debería ser una valoración cuya finalidad sea la concesión de una hipoteca eficiente, de forma que se tengan en cuenta que una vivienda de alta eficiencia energética conduce a un menor gasto mensual, lo que lleva a reducir el riesgo de impago del crédito hipotecario.

Es necesario el compromiso formal de mover todos los estamentos posibles para lograr que los principios de sostenibilidad en la construcción, defensa del medioambiente y eficiencia energética sea una realidad en el sector de la valoración, el financiero y en las instituciones políticas y administrativas, así como en las repercusiones que, en forma de beneficios fiscales, puedan llegar a tener.

Elementos que un valorador debe tener en cuenta en una valoración eficiente y para construcciones de Edificios de Energía Casi Nula

1. Comprobación del nivel de energías renovables: Es imprescindible conocer y determinar las emisiones de CO2 o NOx y puntuar o cuantificar las instalaciones de energías renovables que tiene la vivienda. Mínimos a tener en cuenta:

1.1. Debería tener fotovoltaica de autoconsumo
1.2. Tener fuentes de energía como la geotermia, aerotermia o en su defecto Biomasa Sistemas de ventilación con recuperador de calor.

2. Ventanas: Elemento vital dependiendo de la zona climática en la que se encuentre el bien a valorar. En la zona climática de Madrid:
   2.1. El mínimo sería de Madera o PVC (nunca aluminio)
   2.2. Con doble cristal con bajo emisivo y gas argón en cámaras
   2.3. Conocer la trasmitancia térmica (Uw) que debería situarse por lo menos de 1,5W/m²K.
3. Aislamientos: Junto con la existencia de energías renovables y ventanas es lo más importante. Siguiendo con la zona climática de Madrid, el aislamiento mínimo debería ser de 10 cm en muros, forjados y cubierta, si bien se recomienda 20 a 25 cm. Con este espesor mínimo de 10 cm y el tipo de ventana indicado anteriormente con valor de transmitancia de 1,5 W/m²K estaríamos justo en línea con el cumplimento de la CTE, alcanzándose una calificación energética aproximada de C-D.
4. Estanqueidad: Obtener del Proyecto o de los autores del proyecto si se ha seguido algún criterio de estanqueidad a la hora de diseñar y construir y conocer si se han tenido en cuenta:
   4.1. Infiltraciones de aire no deseadas
   4.2. Sellados herméticos
   4.3. Si se ha hecho durante la obra algún Test de Blower Door
5. Test de Blower Door: con resultado >= de 2 r/h
6. Estudio del Proyecto: Determinar en el Proyecto las demandas que ha obtenido la edificación en: calefacción, refrigeración y energía Primaria. Como elementos de referencia serían válidos valores de:
   6.1. Refrigeración y Calefacción de 20 kwh/m²año (15 Kwh/m²año para Passivhouse)
   6.2. Energía Primaria de 120 kwh/m²año (60 kwh/m²año para PassivHouse)
7. Puentes térmicos: Es imprescindible la utilización de una cámara termográfica. Con ella se logra determinar no solo los puentes térmicos sino también las infiltraciones de aire.
8. Tipo de Energía que se consume: Determinar tipo de contratación existente para el suministro de energía y si la producción de la misma tiene su origen en energías renovables.
9. Iluminación eficiente y electrodomésticos:
   9.1. Determinación de si la iluminación elegida para el bien a valorar utiliza elementos de iluminación eficiente tipo LED.
   9.2. Calificación de los electrodomésticos seleccionados en cuanto a consumos A+++.
10. Determinación de medidores de calidad del aire interior: Obtención de datos sobre la calidad del aire interior del bien a valorar.

Resultados: Checklist para una valoración sostenible

Comprobaciones de partes que un valorador realiza en una edificación tradicional (ET) en relación a una sostenible y energéticamente eficiente (ESEE).

Elementos	ET	ESEE
Edificabilidad		
Superficies exteriores y orientación (paredes, ventanas) (m^2)		
Superficies interiores (m^2)		
Alturas de techos		
Número, tipos y tamaños de habitaciones		
Dimensiones de puertas y pasillos		
Superficies útiles, construidas, y zonas comunes		

Tabla I. Descripción del edificio - Volumen y superficies.

Elementos	ET	ESEE
Tipo de construcción		
Cimentación y estructura		
Seguridad estructural y de uso		
Protección contra incendios		
Protección contra el ruido		
Protección contra la humedad		
Tipos de paredes externas, fachadas		
Aislamiento térmico		
Tipos de ventanas y acristalamientos		
Estanqueidad e infiltraciones		
Tipos de divisiones internas y tabiquerías		
Ascensores y accesibilidad interna		
Mantenimiento y limpieza		
Durabilidad		
Resistencia y vulnerabilidad frente a peligros naturales y artificiales: tormentas violentas, cambios de temperatura extremos, interrupción del servicio público		
Fuentes de energía (fósiles)		
Fuentes de energía (renovables)		
Tipo, tamaño, flexibilidad, etc, de los Equipos con fuentes de energía renovables		
Rendimiento energético y consumo de recursos naturales de los Equipos (Energía Renovable)		
Generación de energía para uso interno y / o terceros		
Sistema de ventilación		

Instalación eléctrica e iluminación		
Gestión del agua: abastecimiento, consumo, distribución, gestión de aguas residuales (por ejemplo, grifos de agua eficiente, uso de agua de lluvia y gris, propia planta de clarificación, recolección de agua en el sitio.		
Emisiones de gases contaminantes (gases con potencial de calentamiento global, y gases de efecto invernadero)		

Tabla II. Descripción del edificio - Volumen y superficies.

Elementos	**ET**	**ESEE**
Adecuación de uso y eficiencia del espacio		
Flexibilidad y adaptabilidad (también en el sentido de idoneidad para la reutilización de terceros)		
Calidad estética, interior y exterior		
Valor cultural		
Calidad del aire interior		
Comodidad (térmica, visual, acústica, olfativa)		
Accesibilidad y Proximidad a medios de transporte público, dependencia de los vehículos privados; acceso a instalaciones relacionadas con el ciclismo; proximidad a espacios verdes; proximidad a servicios públicos básicos: centros de salud, educación, alimentación, instalaciones culturales, trabajo…)		

Tabla III. Calidad funcional, cultural y social.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos existentes sobre sostenibilidad y construcción, se puede establecer que los edificios sostenibles superan en rendimiento y eficiencia energética a los edificios de construcción tradicional. Es fundamental que todos los sectores unan fuerzas para el cambio real que ya vive la construcción y el sector inmobiliario. Es vital que el sector de la valoración se renueve hacia esta dirección y ser capaz de medir y valorar la eficiencia energética, sostenibilidad y salubridad de los edificios, algo que sin duda se conseguirá gracias a iniciativas como la del proyecto hipotecas piloto a la eficiencia energética, lanzado por la Federación Hipotecaria Europea (European Mortgage Federation) en el que participa CoHispania.

ENERINVEST - LA PLATAFORMA PARA LA FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DE ENERGÍA SOSTENIBLE EN ESPAÑA

María Luz Muñoz Contreras, Gestor de Proyectos, EnerAgen
Tamara Valladolid Sanz, Consultor Senior, Deloitte
Manuel García Peraire, Investigador, CIRCE

Resumen: La iniciativa ENERINVEST persigue cubrir la brecha existente entre el sector financiero y el sector de la energía sostenible. Desde su planteamiento, como plataforma nacional de referencia para la fi-nanciación, se pretende facilitar el encuentro y diálogo entre los diferentes actores involucrados en los proyectos de energías renovables y ahorro energético. El proyecto contempla investigar sobre modelos innovadores de financiación, presentar y analizar fórmulas novedosas de éxito que aporten soluciones técnicas, financieras y legales a los proyectos promovidos tanto desde el sector público como el privado. Durante el proyecto se ha desarrollado una herramienta online de asesoramiento y encuentro, que permite a los agentes del sector, promotores e inversores, realizar consultas y encontrar posibles soluciones a las necesidades que se les planteen en materia de financiación. La herramienta ENERINTOOL está integrada y disponible entre las funcionalidades de la plataforma virtual asociada al proyecto, y aporta un asesoramiento técnico, legal y financiero que permite elegir el mejor instrumento de financiación para un proyecto o seleccionar la iniciativa más adecuada en la cual invertir. ENERINVEST está formado por un consorcio de nueve socios con actuación a nivel nacional y cuenta con un periodo de 36 meses para su desarrollo, siendo financiado por la Comisión Europea a través del programa Horizon2020.

Palabras clave: Energía Sostenible, Financiación, Eficiencia Energética

INTRODUCCIÓN

ENERINVEST ha recibido el apoyo de la Comisión Europea a través del Programa Horizonte 2020 en virtud del acuerdo de subvención No. 695822. Este programa financia proyectos de investigación e innovación en diversas áreas temáticas en el contexto europeo. En concreto, dentro de los objetivos de la Unión Europea en materia de "Energía segura, limpia y eficiente", el proyecto ENERINVEST responde al reto de "Mejorar el acceso y el aumento de la financiación, así como el atractivo de las inversiones en energía sostenible". Con ello, este proyecto se alinea con los objetivos estratégicos de la Unión Europea en materia energética. Las previsiones de la Comisión Europea pasan por que los objetivos a 2030 puedan llegar a alcanzarse e incluso ir revisándolos al alza en el año 2020. Para conseguir este aumento de objetivos es necesaria la colaboración público-privada en la promoción de proyectos.

Por ello, entre los hitos de ENERINVEST está la creación de una plataforma que facilite la inversión en proyectos de energía sostenible, y que sirva de puente entre iniciativas y posibles inversores. Durante el proyecto se ha desarrollado una herramienta online que permite a los agentes del sector realizar consultas y encontrar posibles soluciones a las necesidades que se les planteen en materia de financiación, además de muchas otras herramientas que contribuyan a este objetivo.

DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Motivación y objetivos

La viabilidad técnico-económica de los proyectos de energía sostenible es una cuestión de alto interés en España debido a su contribución a reducir la dependencia energética de los combustibles fósiles, a los potenciales ahorros energéticos y económicos que representan estos proyectos, así como al efecto de una reducción de emisiones de CO_2 y un menor impacto ambiental.

Actualmente en España existen numerosos mecanismos para la movilización de fondos que financian proyectos de energías renovables y eficiencia energética. Sin embargo, existen una serie de barreras que impiden un desarrollo mayor de estos proyectos. Entre estos impedimentos pueden citarse:

- la falta de confianza de los inversores en la viabilidad financiera de los proyectos
- la falta de capacidades en el sector público y privado en la estructuración de los proyectos
- y la falta de difusión de los ejemplos de éxito que motiven y permitan su réplica

ENERINVEST nace en este contexto para dar respuesta a estas inquietudes y motivar e impulsar la movilización de inversiones en proyectos de energía sostenible.

El planteamiento de base pretende crear una plataforma nacional en materia de financiación para proyectos de eficiencia energética y/o energías renovables que facilite el diálogo entre los diferentes agentes del sector involucrados en este tipo de proyectos para potenciar su implantación en España, sirva para cubrir las brechas existentes entre el sector financiero y el de los promotores de proyectos, y propicie que se ejecuten una mayor y más eficaz inversión en proyectos de energía sostenible.

METODOLOGÍA

Del análisis y estudio del panorama nacional en materia de energía sostenible, se ha obtenido una serie de proyectos característicos que están siendo desarrollados para mejorar la eficiencia energética en diferentes áreas que demandan energía. Así mismo, se identifican un gran número de actuaciones para poner en marcha instalaciones que consumen energías renovables en sustitución de fuentes fósiles.

De todos estos ejemplos se ha realizado una caracterización técnica y económica que constituye una base de datos esencial y de referencia en el proyecto ENERINVEST para poder obtener resultados y extraer conclusiones tras los trabajos realizados.

La clasificación de proyectos analizados que se ha establecido en la plataforma contempla 14 tipologías genéricas, con tres niveles de subclasificación. De esta forma se llega a dar cobertura a más de 150 casos diferentes de proyectos de energía gestionada de forma eficiente y sostenible.

Los tipos de proyectos contemplados siguen las 13 categorías generales siguientes:

1. Proyectos de rehabilitación de edificios
2. Sistemas HVAC o sistemas de ventilación, calefacción y aire acondicionado (HVAC - *Heating, Ventilating and Air Conditioning*), con instalación de calderas y redes de distrito
3. Sistemas HVAC de energía solar térmica
4. Sistemas HVAC de mejora en los sistemas de distribución del calor o frío
5. Producción de calor industrial
6. Iluminación
7. Equipos e instalaciones eléctricas
8. Monitorización de instalaciones, contabilización de consumos y gestión energética
9. Instalaciones de producción eléctrica sostenible, incluyendo una modalidad de autoconsumo
10. Movilidad sostenible aplicada a vehículos
11. Infraestructuras y plataformas de movilidad sostenible
12. Instalaciones de producción de biocombustibles
13. Otras tipologías de proyectos fuera de esta clasificación

Hasta el momento en ENERINVEST se han configurado y se está trabajando activamente en dos grupos de expertos, uno de ellos focalizado en el análisis financiero de los proyectos, y el otro como un grupo de trabajo de promotores.

Además, está en constitución un tercer grupo de trabajo cuyo enfoque sea el de trabajar en una serie de recomendaciones políticas en el área de la energía sostenible y su financiamiento asociado, para cumplir con el objetivo de definir una hoja de ruta nacional que mejore la situación de estos sectores y proyectos.

En estos grupos de trabajo, se analizan todas las actividades y resultados de ENERINVEST para obtener una retroalimentación de los agentes interesados, expertos y profesionales. Estas valoraciones se estudian y utilizan para modificar la versión final de los documentos y recursos publicados.

Figura 1. Reuniones mantenidas con los expertos de los Grupos de Trabajo de ENERINVEST.

RESULTADOS Y DATOS OBTENIDOS

Los resultados del análisis y estudio se muestran en este proyecto en forma de documentos o informes de síntesis, con la elaboración de fichas virtuales de casos de éxito en la financiación innovadora de proyectos de energía sostenible, o a través de herramientas online, como ocurre con la herramienta ENERINTOOL.

Todos estos recursos se encuentran integrados en la plataforma online de ENERINVEST y están disponibles para usuarios registrados. El registro se realiza de forma sencilla y una sola vez por cada usuario. Es gratuito y cumple con la nueva legislación de protección oficial de datos. Así, un agente interesado, puede escoger su papel ante un proyecto de energía sostenible y seleccionar entre cinco perfiles diferentes: financiador, promotor público, promotor privado, empresa de servicios energéticos o compañía técnica, y otros interesados.

Documentos de análisis y guías de ENERINVEST

Las tareas de investigación y análisis del proyecto han caracterizado la situación actual en España a la hora de poner en marcha un Proyecto de Energía Sostenible. Como resultado, se han elaborado completos documentos que los usuarios registrados pueden consultar en el apartado de Recursos del portal Web de ENERINVEST [1]:

- Estudio de los **Aspectos técnicos de los Proyectos de Energía Sostenible (PES)**. Un documento que incluye un contexto tecnológico, la clasificación, definición y caracterización técnica de un amplio abanico de tipologías de proyectos de energía que se albergan bajo el término PES, entendido como intervenciones que directa o indirectamente producen una mejora en el uso de los recursos energéticos. Para cada tipo de proyecto se analiza su viabilidad técnica, tanto en términos medioambientales como económicos [2].
- **El documento Marco de financiación existente en España**. Una recopilación de los modelos financieros que actualmente se aplican a los proyectos de energía, mostrando su evolución y descripción de aspectos relevantes. Para cada modelo se identifican sus principales agentes, parámetros económicos y eficacia, incluyendo esquemas de aclaración y mapas conceptuales con las diferentes alternativas financieras [3].
- **El Marco legal aplicable en España a PES**. Análisis exhaustivo de las disposiciones normativas y regulaciones técnicas vigentes que serían de aplicación a las modalidades definidas en ENERINVEST como proyectos de energía sostenible. Se incluyen los ámbitos estatal, autonómico y local, contemplando en una segunda parte los esquemas normativos de otros países europeos que podrían replicables en España [4].

- El **Manual de Buenas Prácticas**, cuyo objetivo principal es mostrar la selección de proyectos de energía sostenible más exitosos. Se recogen un grupo representativo de PES, ejecutados y financiados por métodos tradicionales en el ámbito nacional, que servir de referente a futuros promotores [5].

La guía para la Financiación de Proyectos de Energía Sostenible de ENERINVEST

La *Guía para la Financiación de Proyectos de Energía Sostenible* es un compendio dinámico de información esencial para inversores y promotores interesados en poner en marcha este tipo de proyectos [6]. El documento surge como una herramienta de acercamiento entre promotores e inversores y empresarios e instituciones, en respuesta a la necesidad de facilitar la comprensión mutua de ambos sectores para estimular el desarrollo de nuevos proyectos de energía sostenible.

En concreto, la guía presenta en detalle los diferentes tipos de financiación existentes y sus implicaciones, así como las claves para la elección de la estrategia y los instrumentos más adecuados según las características de cada proyecto. Se incluyen asimismo los parámetros esenciales a valorar a la hora de invertir en proyectos de energía sostenible, además de enumerar los períodos habituales de retorno de la inversión en función del tipo de proyecto.

También aborda las garantías y riesgos a tener en cuenta para poner en marcha una iniciativa de energía sostenible.

El Mapa de Experiencias de ENERINVEST

El *Mapa de Experiencias* recoge casos de éxito, proyectos y modelos de financiación innovadores desarrollados en España y el resto de Europa. Se trata de uno de los **recursos interactivos** diseñados para facilitar el acercamiento entre el sector financiero y el de las energías sostenibles y está a disposición de los usuarios registrados [7].

Figura 2. Muestra del Mapa de Experiencias en la Plataforma ENERINVEST.

El *Mapa de Experiencias* abarca a día de hoy más de 50 casos, clasificados según tres categorías principales:

- Instrumentos financieros innovadores, donde se muestran modelos de financiación adaptados a las características generales de los proyectos de energía sostenible. Se contemplan ejemplos de fondos de inversión y fondos rotatorios especializados, ESEs públicas o semipúblicas, casos de financiación colectiva y modelos de cooperativas energéticas, entre otros.
- Instrumentos de estandarización y apoyo a los proyectos, con iniciativas y estrategias para normalizar los procedimientos de inversión y ofrecer servicios de apoyo técnico o financiero.
- Instrumentos específicos según tecnologías, que incluyen modelos de financiación diferenciados según las características de los proyectos vinculados a tecnologías específicas. Se encuentran ejemplos aplicados a la rehabilitación energética de edificios y a la financiación de energía solar fotovoltaica.

La herramienta de simulación, asesoramiento y encuentro ENERINTOOL

Entre los materiales elaborados dentro del proyecto, la herramienta que introduce la mayor originalidad como recurso interactivo integrado en la plataforma es la denominada ENERINTOOL [8], trabajo coordinado por la Fundación CIRCE.

Se trata de una herramienta virtual de asesoramiento, elaborada para permitir que cada usuario encuentre la mejor forma de financiación para un proyecto de energía sostenible, o bien el proyecto en el cual invertir. Además, aporta una serie de recomendaciones financieras, técnicas y legales, que ayudan a llevar a cabo este tipo de proyectos con éxito.

La herramienta tiene un fácil manejo y está basada en una amplia base de datos de proyectos reales de los que se conocen resultados energéticos, ahorros económicos y datos de reducción en el volumen de emisiones de CO_2, entre otros parámetros técnicos y financieros.

ENERINTOOL da soporte tanto a los promotores en la búsqueda de alternativas de financiación, como a entidades bancarias, fondos de capital y otros inversores en busca de proyectos que cumplan con ciertas características.

Para utilizar este recurso, el primer paso será formalizar el registro gratuito en la plataforma digital ENERINVEST escogiendo el perfil que mejor se ajuste a su desempeño y relación con los proyectos de energía. Como usuario registrado se puede acceder rápidamente a ENERINTOOL y recibir un asesoramiento adaptado a diferentes proyectos y alternativas de inversión. Se aportan soluciones técnicas, legales y diferentes opciones de financiación, tanto a promotores como a inversores, permitiendo además ponerse en contacto con aquellas partes que encuentren afinidad e interés en una iniciativa común de proyecto de energía.

En la práctica, la interfaz de la herramienta se ha diseñado para poder acceder desde los dos modos habituales de afrontar un proyecto, es decir, como promotor en el "Modo ENER", o en el papel de financiador, en el "Modo INVEST".

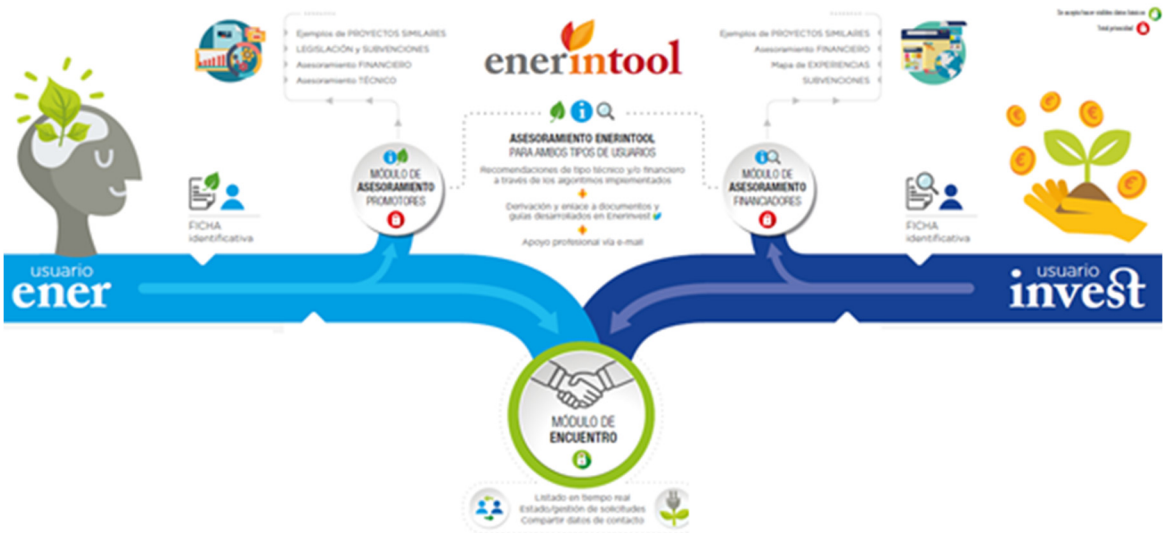


Figura 3. Infografía de la herramienta ENERINTOOL.

Al acceder con un perfil de promotor de proyectos (modo ENER), ENERINTOOL ofrece una clasificación de 14 proyectos diferentes que permiten identificar una iniciativa y completar un formulario adaptado con información específica sobre parámetros técnicos y económicos. Cada usuario puede crear y dar de alta tantos proyectos como desee, e incluso agruparlos para buscar financiación conjunta.

La herramienta va guiando en este proceso y aporta instrucciones en cada momento. Como resultado, recibirá un informe de asesoramiento sobre los instrumentos de financiación más recomendables, junto con ejemplos de proyectos similares, la legislación aplicable y ayuda para la búsqueda de subvenciones.

El uso de la herramienta como inversor (modo INVEST) es igualmente intuitivo, aunque dirigido a definir unos parámetros técnicos y económicos de búsqueda que llevan a seleccionar los proyectos de energía más interesantes para estos agentes. Un financiador puede crear tantas búsquedas como desee, con dos o más criterios y en distintos niveles de concreción, pudiendo encontrar proyectos por tecnologías, e incluso, grupos de proyectos en los que invertir. Se pueden generar diferentes búsquedas para encontrar proyectos en los cuales invertir, así como información sobre las alternativas de financiación más innovadoras y las subvenciones que son de aplicación en cada momento.

Una funcionalidad original de ENERINTOOL: el Módulo de Encuentro

Entre las funcionalidades de la herramienta no está únicamente la de asesorar a los usuarios. En el llamado **Módulo de Encuentro**, inversores y promotores de proyectos pueden establecer vínculos después de aceptar solicitudes mutuas de contacto, generadas a partir de criterios de búsqueda coincidentes.

Como material de refuerzo se han publicado una *Guía de apoyo para la búsqueda de ayudas y subvenciones* a través de la ENERINTOOL [9], y una Guía que facilita la búsqueda de proyectos o casos de éxito a través de la herramienta [10]. Adicionalmente, ENERINTOOL permite alimentar continuamente su base de datos con nuevos proyectos, que cualquier usuario registrado puede presentar y autorizar para ser visualizados por todos los usuarios.

CONCLUSIONES

La estimación de los impactos en los proyectos de estas características en el Programa Horizonte H2020, suele ser ambiciosa en términos cuantitativos. Sin embargo, a medida que las actividades se van completando suelen existir reorientaciones y cambios en la interpretación de los logros realizados.

En los planteamientos iniciales la plataforma virtual pretende sumar unas 100.000 visitas a la página Web y generar influencia en unas 10.000 personas que hayan participado en actividades de ENERINVEST.Se valora promover más de 400 proyectos de energía sostenible, trabajando para que sean positivas al menos un 40% de las interacciones con los usuarios interesados.

Estas acciones supondrán en los años posteriores al proyecto alcanzar valores importantes de inversión movilizada, de ahorro de energía primaria (estimados más de 29 GWh/año), de producción de energía renovable anual (estimados más de 28 GWh), de ahorro económico anual (en torno a 3 millones de euros) y de reducción en las emisiones de CO_2.

REFERENCIAS

[1] Apartado de Recursos / Documentos del portal Web de ENERINVEST, https://www.enerinvest.es/recursos/documentos ; último acceso 2018/07/14.
[2] Aspectos técnicos de Proyectos de Energía Sostenible en España, https://www.enerinvest.es/recursos/documentos ; último acceso 2018/07/14.
[3] Marco de Financiación existente en España para Proyectos de Energía Sostenible, https://www.enerinvest.es/recursos/documentos ; último acceso 2018/07/14.
[4] Marco legal existente en España para los proyectos de energía sostenible, https://www.enerinvest.es/recursos/documentos ; último acceso 2018/07/14.
[5] Manual de Buenas Prácticas, https://www.enerinvest.es/recursos/documentos ; último acceso 2018/07/14.
[6] Guía para la financiación de Proyectos de Energía Sostenible, https://www.enerinvest.es/recursos/documentos; último acceso 2018/07/14
[7] Mapa de Experiencias, https://www.enerinvest.es/recursos/mapa-de-experiencias ; último acceso 2018/07/14.
[8] ENERINTOOL, https://www.enerinvest.es/recursos/enerintool ; último acceso 2018/07/14.
[9] Guía de apoyo para la búsqueda de subvenciones en la ENERINTOOL, https://www.enerinvest.es/recursos/documentos ; último acceso 2018/07/14.
[10] Guía de apoyo para la búsqueda de proyectos/casos de éxito en la ENERINTOOL, https://www.enerinvest.es/recursos/documentos ; último acceso 2018/07/14.

CUESTIONES SOBRE LA ACTUALIZACIÓN DEL DB-HE 2018: UNA VISIÓN DEL INSTITUTO EDUARDO TORROJA (UNIDAD DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN)

Rafael Villar Burke, Unidad Calidad Construcción, Instituto Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja-CSIC
Daniel Jiménez González, Unidad Calidad Construcción, Instituto Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja-CSIC
Marta Sorribes Gil, Unidad Calidad Construcción, Instituto Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja-CSIC

Resumen: El 29 de junio de 2018 se presentó por parte del Ministerio de Fomento el Proyecto de Real Decreto que actualiza el Código Técnico de la Edificación, iniciando de esta manera el trámite de audiencia e información pública. Esta modificación viene motivada por la necesidad de actualizar los requisitos mínimos en vista del progreso técnico del sector y la evolución de la propia normativa europea. El trámite de audiencia pública es el momento del debate y la divulgación, de manera que los cambios sean bien argumentados y comprendidos por parte del sector y la socidedad. ¿Cómo se han evaluado los indicadores finales?, ¿Por qué se gradúan las exigencias únicamente en función del clima de invierno?, ¿qué es el cálculo normalizado?, ¿que papel juega la demanda?, ¿cómo se contemplan las medidas pasivas?, ¿permite realmente la nueva propuesta llegar a reducir las prestaciones de un edificio?, ¿qué están haciendo los países de nuestro entorno? Estas y otras preguntas han surgido al hilo de la actualización del DB HE y la ponencia incide en la visión particular de la Unidad de Calidad en la Construcción del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja - CSIC.

Palabras clave: NZEB, EECN, Energía, CTE, DB-HE, Eficiencia Eenergética, Ahorro de Energía

INTRODUCCIÓN

La Directiva 2010/31/UE, de eficiencia energética de los edificios [1], exige la actualización de los requisitos mínimos de eficiencia energética con una periodicidad de al menos 5 años, pero, más allá de las exigencias europeas, esta actualización es necesaria debido a la constante evolución de las tecnologías y las demandas de la sociedad. Tecnologías que hace pocos años eran poco más que resultados de los proyectos de investigación están, hoy en día, presentes en el sector de la construcción.

El proceso de actualización de la normativa supone una buena oportunidad para que el regulador nacional debata con el resto de actores del proceso sobre la conveniencia de los cambios a realizar, y esta ponencia añade contexto adicional para evaluar algunas de las inquietudes detectadas en el sector de la construcción.

En particular, se incide sobre la metodología seguida para establecer una propuesta de valores límite de los indicadores: el criterio del óptimo en coste y el indicador principal de eficiencia, la selección de los edificios con los niveles de eficiencia deseados, la determinación de otros parámetros o indicadores de eficiencia y sus componentes principales o la aplicación criterios de ajuste.

Desde esta base metodológica y mediante un análisis de las carencias de los indicadores anteriores es posible explicar la mayoría de las cuestiones que se plantean. Así mismo, se presenta una pincelada sobre cómo se están abordando estas cuestiones en los países de nuestro entorno.

CUESTIONES RELACIONADAS CON LA METODOLOGÍA

¿Qué es el cálculo normalizado?

Por mandato de la Directiva 2010/31/UE, de eficiencia energética de los edificios [1], se han desarrollado reglamentos [2] y normas técnicas [3] que fijan la metodología para establecer los niveles mínimos de eficiencia energética de los edificios entre los distintos Estados Miembro y facilitar su intercomparación [4].

El criterio de eficiencia elegido es el óptimo de rentabilidad (coste óptimo) para un indicador de consumo de energía primaria y teniendo en cuenta el ciclo de vida del edificio. La metodología de cálculo se desarrolla en el Reglamento Delegado 244/2012 [2], así como en la norma UNE EN ISO 52000-1 [5], complementada en los aspectos energéticos por el conjunto de normas denominado estándares EPB [3].

¿Cómo se han evaluado los valores de los indicadores finales?

Para realizar una propuesta de modificación del Código Técnico de la Edificación en línea con lo que se ha comentado anteriormente, se partió del análisis de un conjunto grande de casos, resultado de la combinación de geometrías y tipos edificatorios (residencial unifamiliar, residencial en bloque y varios tipos de terciario). A cada geometría se aplicó una serie de paquetes de medidas de mejora de la eficiencia energética, que implicaban actuaciones sobre la envolvente y los sistemas, combinando también la presencia o no de recuperadores de calor y el uso de energías renovables (solar térmica, fotovoltaica, biomasa, etc.).

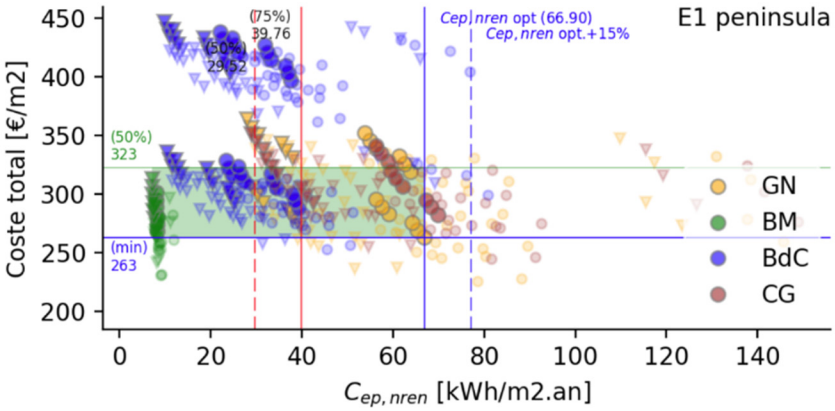


Figura 1. Análisis de coste total frente a consumo de energía primaria no renovable. (El color indica el combustible, la forma, si dispone de recuperador de calor, la transparencia, si cumple DB-HE 2013, la línea azul delimita el coste óptimo y el +15%, y la línea roja señala el percentil del 75%.).

Los casos se caracterizaron energéticamente en distintas zonas climáticas, obteniendo numerosos indicadores y parámetros energéticos, y se calculó el coste del ciclo de vida.

De todos estos casos se selecciona un subconjunto representativo de los niveles de eficiencia deseados. En este caso concreto, los criterios de selección son aquellos que cumple la normativa en vigor (CTE2013), cuyo consumo de energía primaria no renovable es inferior al caso de óptimo de rentabilidad y cuyo coste total está en la mitad inferior del grupo. Del subconjunto seleccionado (denominada región de interés), se analizan los componentes principales de los parámetros e indicadores de interés, utilizando los coeficientes de Pearson (correlación lineal).

En el caso de los indicadores de Consumo de Energía Primaria No Renovable y de Consumo de Energía Primaria Total para residencial privado se toman los grados día de invierno y para terciario, además, el nivel de carga interna. Para el parámetro de calidad de la envolvente, transmitancia térmica global, K, se toman los grados día de invierno y la compacidad, y para el parámetro de control solar, qsoljul, únicamente el uso.

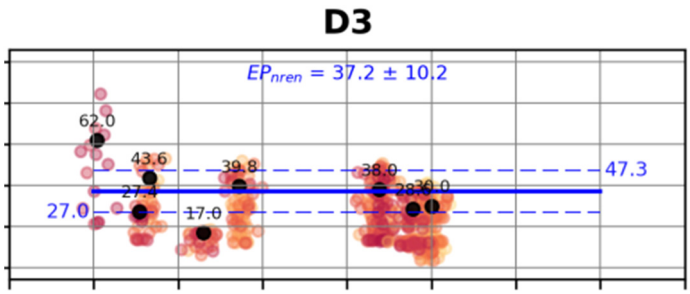


Figura 2. Ejemplo de regresión para los valores calculados de Consumo de Energía Primaria frente a la compacidad.

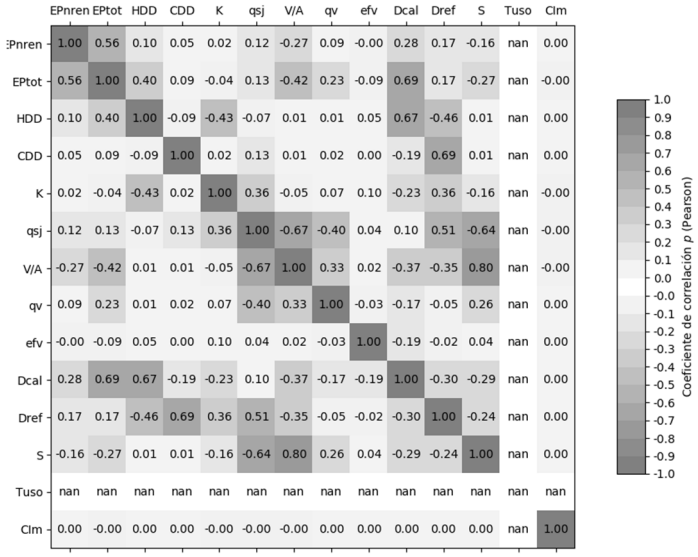


Figura 3. Análisis de la influencia de los los distintos componentes en los parámetros e indicadores energéticos.

La propuesta de los indicadores es la regresión lineal del percentil del 75% de los anteriores en función del parámetro que mejor explique este cambio.

Este es, grosso modo, el proceso que se siguió para obtener la propuesta de indicadores.

¿Por qué se gradúan las exigencias únicamente en función del clima de invierno?

Como se ha explicado antes, se han analizado los componentes principales que explican los indicadores y se han seleccionado aquellos que aportan información significativa. Del análisis de los resultados anteriores se desprende que el clima de invierno es el adecuado para explicar las variaciones en los indicadores, incluso en las zonas en las que el verano es más caluroso. Debe tenerse en cuenta que esta relación está obtenida para la región de interés, es decir, teniendo en cuenta el conjunto de restricciones que ella supone (nivel mínimo de aislamiento, etc).

CUESTIONES RELACIONADAS CON LA DEMANDA

¿Qué papel juega la demanda en la nueva propuesta de actualización del DB-HE?

La demanda, como tal, deja de ser un indicador reglamentario en la nueva propuesta. Esto quiere decir que no hay exigencias explícitas sobre el valor máximo de demanda que presenten los edificios, pero no significa que los edificios puedan tener cualquier demanda. Obviamente, será necesaria mantener una demanda baja para cumplir los requisitos de consumo y la exigencia implícita en el cumplimiento del resto de indicadores es más exigente que la actual.

Las normas de cálculo normalizado del consumo de energía primaria indican que hay que contabilizar la energía del medio ambiente que los sistemas introducen en el edificio, lo cual tiene un gran efecto a la hora de evaluar tanto bombas de calor como paneles solares térmicos y fotovoltaicos. Así, un indicador de consumo de energía primaria total recoge las necesidades de energía del edificio y acota la necesidad de cuidar la demanda energética al tiempo que la eficiencia en el modo en el que se satisface dicha demanda mediante el uso de sistemas y la aportación de energía renovable.

Al mismo tiempo, se mantienen límites a la eficiencia de la envolvente térmica en términos de transmitancia térmica global y de control solar que, en el caso de la demanda, se veían distorsionados por el uso de recuperadores de calor.

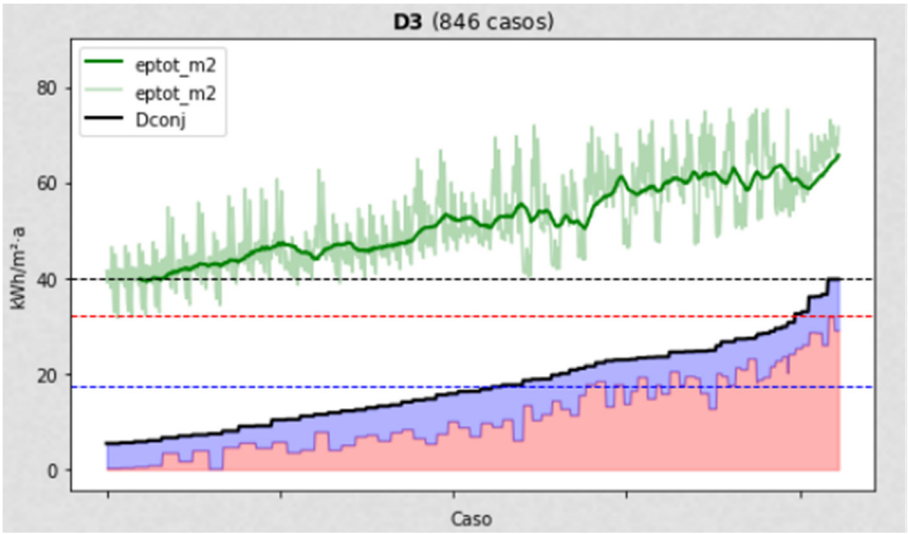


Figura 4. Relación entre las demadas de calefacción y refrigeración con el Consumo de Energía Primaria Total.

La demanda, por tanto, sigue siendo un elemento principal en la evaluación de la energética del edificio, pero en la nueva propuesta se han separado sus dos principales características: las necesidades de energía del edificio, representadas por el Consumo de Energía Primaria Total, y la calidad de la envolvente, evaluada por el parámetro K, de transmitancia térmica global, junto con el parámetro de control solar, q_{soljul}.

¿Por qué no hay límites diferenciados de consumo para calefacción y refrigeración?

Los tres objetivos principales del ahorro energético tienen que ver con la protección del medio ambiente en forma de la reducción de las emisiones de efecto invernadero, la reducción de la dependencia energética del país y la protección del usuario de la edificación asegurando un confort y una calidad mínima de las edificaciones. De ello se deduce como objetivo primario la reducción del consumo de energía primaria no renovable manteniendo unas condiciones de uso y confort adecuadas.

Además, el establecimiento de límites separados para los componentes de la demanda tiene dificultades técnicas, entre las que resalta el que estas componentes no son separables, sino que tienen interacciones entre ellas (mejorar la demanda de calefacción puede empeorar la de refrigeración), lo que condiciona las estrategias de reducción de la demanda.

Por otro lado, hemos comprobado que la limitación del consumo de energía primaria total supone una forma igual de efectiva de condicionar la demanda, con la ventaja de que recoge otros tipos de eficiencia, como el tipo de combustible usado o el uso eficiente de las energías renovables.

¿Son lo mismo las condiciones operacionales que los perfiles de uso?, ¿qué relación hay entre ellos y las condiciones de confort?

Mientras que las condiciones operacionales son las temperaturas a partir de las cuales entran en funcionamiento los sistemas, los perfiles de uso indican los valores horarios de las cargas internas (ocupación, iluminación y equipos).

Los perfiles de uso son perfiles normalizados que permiten la comparación entre distintos modelos de edificios, ya que si evaluásemos los edificios en condiciones distintas no podríamos establecer una comparación en su comportamiento. Esto no significa que los edificios tengan que ser usados en estas condiciones.

¿Cómo contempla la nueva propuesta del DB-HE las medidas pasivas?

Se consideran medidas pasivas aquellas que no necesitan de la intervención de un sistema técnico para su funcionamiento. En general estas medidas reducen la demanda del edificio, lo que se traduce en una reducción en el consumo de los sistemas técnicos, que sí generan indicadores normativos.

Además, en la propuesta de modificación del documento Condiciones Técnicas de los Procedimientos para la Evaluación de la Eficiencia Energética de los Edificios, se introduce una variación que permite que el edificio esté hasta 350h fuera de consigna (un 4% del tiempo de uso). Esta modificación facilita el diseño de edificios pasivos, que no necesiten sistemas, aunque estén algunas horas fuera de consigna, o de estrategias de control más ajustadas.

En el caso de los elementos cuyas características no se describen bien mediante la transmitancia del conjunto hay que indicar que, si bien no se consideran en el cálculo del parámetro de calidad constructiva K, sí han de ser definidos en el modelo que dará lugar a los indicadores reglamentarios de Consumo de Energía Primaria No Renovable y Energía Primaria Total.

CUESTIONES RELACIONADAS CON LAS ENERGÍAS DE FUENTES RENOVABLES

¿No hay una exigencia explícita de porcentaje de energía renovable?

La directiva define el "edificio de consumo de energía casi nulo" como aquel edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, que se determinará de conformidad con el anexo I. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno".

Entendemos que "en muy amplia medida" hace referencia, más que a un porcentaje concreto de contribución de energía renovable, con la capacidad de los edificios de producir este tipo de energía.

El indicador principal de la eficiencia energética del nuevo DB-HE es el Consumo de Energía Primaria No Renovable, y se fija con unos límites bastante exigentes. Si se ha de superar este consumo, ha de hacerse mediante energías renovables hasta el límite que marca el otro indicador de eficiencia, que es el Consumo de Energía Primaria Total. Sin embargo, este límite no fija solamente la contribución renovable, sino también una eficiencia mínima en la demanda y en la eficiencia de los sistemas, de modo que, si se mejora la eficiencia en términos de demanda es posible reducir la contribución renovable. Pensamos que es mejor no consumir energía que consumir energía renovable y mantener una fracción de energía renovable, independientemente del nivel de consumo, no resulta coherente.

En todo caso, se formula una exigencia explícita para el servicio de ACS del 70% de aporte energía renovable y una producción renovable de energía eléctrica en uso terciario, con una aportación global renovable superior al 50% en los casos analizados en la región de interés.

CUESTIONES RELACIONADAS CON LA INTERVENCIÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES

¿Qué gradación hay en las exigencias en función del grado de intervención?

Podríamos decir que una primera diferencia la establecen los Criterios para la Intervención en Edificios Existentes, ya que estos no se aplican a edificios nuevos y ampliaciones.

La gradación que se establece es diferente en cada uno de los apartados, y está relacionada con el control que tiene el proyectista sobre el conjunto. Los elementos que se renuevan son las posibilidades que tiene el técnico para regular el comportamiento energético del edificio, por tanto las exigencias deben ser adecuadas a este hecho. En el caso del consumo se consideran el nivel de intervención en la envolvente y la modificación de los sistemas de generación como los elementos que permitirían al equipo técnico reducir los consumos de energía. Así mismo los cambios de uso se consideran especialmente. El caso de los parámetros de calidad K y q_{soljul} es diferente. En el caso de K se distingue claramente según la importancia en porcentaje de la intervención en la envolvente, mientras que el caso de q_{soljul} es únicamente el uso el que establece la diferencia, independientemente del grado de intervención.Las secciones relacionadas con la iluminación y el aporte de energías renovables para el ACS, al igual que en el caso de q_{soljul}, los niveles de cumplimiento no están relacionados con la envergadura de la intervención, sino con el uso de estos servicios (o de la intervención en sus instalaciones).

¿Permite realmente la nueva propuesta llegar a reducir las prestaciones de un edificio?

En el caso de las intervenciones en edificios existentes la normativa obliga a cumplir con los niveles recogidos en el documento, de manera que se podría reducirla prestación sin bajar de dicho nivel. En caso contrario, indirectamente,

el código estaría exigiendo valores diferentes a las intervenciones en función del estado previo, lo cual podría desincentivar intervenciones en las que una prestación "empeore" para favorecer el cumplimiento de otra exigencia (por ejemplo, mejorar la ventilación puede empeorar el consumo energético).

¿QUÉ ESTÁN HACIENDO LOS PAÍSES DE NUESTRO ENTORNO?

Hay una acción concertada que precisamente se centra en comparar la evolución de los distintos países europeos en la transposición de la directiva EPBD. Dentro de esta acción concertada se analizaron 31 normativas europeas, nacionales mayormente, aunque se contemplan otras regionales. Los datos se publicaron en abril de 2015 en el informe “Overview of national applications of the Nearly Zero-Energy Building (NZEB) definition” [6].

Entre las normativas podemos comentar que:

- en 17 casos imponen exigencias directas para la energía renovable y 10 indirectas.
- las directas pueden ser con valores absolutos (por m2 y año) o porcentuales con valores entre el 10 y el 50%.
- en 9 casos los NZEB están asociados con calificaciones altas de los certificados.
- en 9 casos identifican los NZEB por su reducción con respecto a la normativa vigente o anterior.
- en 23 casos se usa como indicador reglamentario la energía primaria en kwh/m2·año.
- en 12 casos hay exigencias específicas sobre la transmitancia de la envolvente.
- en 4 casos hay una exigencia directa sobre la demanda de calefacción.
- en 8 casos se definen los NZEB únicamente mediante mediante el indicador de consumo de energía primaria.

REFERENCIAS

[1] Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios.
[2] Reglamento Delegado (UE) No244/2012 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.
[3] Mandate M/480 from the EC to CEN for the elaboration and adoption of standards in accordance with the recast EPBD.
[4] Directrices que acompañan al Reglamento Delegado (UE) no 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 (2012/C115/01).
[5] ISO 52000-1:2017 Energy performance of buildings — Overarching EPB assessment — Part 1: General framework and procedures.
[6] Hans Erhorn and Heike Erhorn-Kluttig, Overview of national applications of the Nearly Zero-Energy Building (NZEB) definition, Detailed report, April 2015, disponible en: www.epbd-ca.eu/wp-content/uploads/2016/01/Overview_of_NZEB_definitions.pdf

INSTALACIÓN DE PUNTO DE RECARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS SUMINISTRADOS POR IF Y DESTINADO A LA COMUNIDAD EDUCATIVA DEL I.E.S. GRAN VÍA

Fco. José Serra Otero, Docente, Consellería de Educación, Investigación, Cultura y Deporte, I.E.S. Gran Vía
Miguel Ángel Padilla Sáez, Docente, Consellería de Educación, Investigación, Cultura y Deporte, I.E.S. Gran Vía
José Luis Blanca Zafra, Docente, Consellería de Educación, Investigación, Cultura y Deporte, I.E.S. Gran Vía
Alejandro Martín Bertomeu, Docente, Consellería de Educación, Investigación, Cultura y Deporte, I.E.S. Gran Vía
Mari Ángeles Rubio Sánchez, Docente, Consellería de Educación, Investigación, Cultura y Deporte, I.E.S. Gran Vía
César Mateo Hernández, Docente, Consellería de Educación, Investigación, Cultura y Deporte, I.E.S. Gran Vía

Resumen: En el IES Gran Vía de Alicante se implantó en el pasado curso lectivo (2017/2018) el Ciclo superior de Energías Renovables, de la familia energía y agua. En este sentido tanto el instituto como el nuevo departamento se están volcando en la mejora energética del centro teniendo como base cuatro pilares fundamentales diseño bioclimático, la eficiencia energética, la gestión energética y energías renovables. Dentro de este último punto se conectó en mayo 2017 una instalación de autoconsumo fotovoltaico con diez módulos solares fotovoltaicos (2,5Kw) e inversor Fronius de 6 Kw que se amplió en marzo 2018 con una segunda serie de 4,05kW de paneles fotovoltaicos, que actualmente cubren un 15% del consumo eléctrico anualdel instituto. Siguiendo la línea de trabajo expuesta se pretende ampliar el campo solar existente e instalar en el parking del centro un punto de recarga para vehículos eléctricos. Estos puntos se suministrarían directamente desde la instalación fotovoltaica, que deberíamos ampliar y por lo tanto sería una energía 100% renovable. Para que técnicamente se pudiera realizar este proyecto también habría que instalar baterías de lítio a 400V para almacenar la energía y elementos de control para gestionar la carga y descarga de la batería en función de la energía solar disponible y de los consumos. Por otro lado, también se pretende monitorizar la instalación para que sirva como elemento didáctico a los alumnos de las siguientes promociones. La intención es que estos puntos de recarga gratuitos para coches, bicicletas y motocicletas eléctricos puedan ser utilizados por la comunidad educativa de nuestro centro (profesores, padres y alumnos).

Palabras clave: Vehículos Eléctricos, Fotovoltaica, Puntos de Recarga Eléctrica, Energías Renovables, Ciclos Formativos

INTRODUCCIÓN

Estamos viviendo en Europa y en el mundo una revolución energética que inicia una transición hacia un nuevo modelo energético donde las energías renovables serán las grandes protagonistas. Las instalaciones fotovoltaicas son las que más desarrollo tecnológico han tenido en estos últimos años y hoy en muchos lugares de España con gran radiación solar como Alicante, son ya la forma más económica de generar energía eléctrica.

El IES Gran Vía, situado en Alicante capital, se encuentra en la C/ Alonso Cano nº 80, y tiene una ubicación geográfica perfecta para poder aprovechar la energía del sol de una forma muy eficiente. Por otro lado, la orientación (la fachada donde se pretenden instalar las placas se encuentra en el sur) y la falta de edificios en los alrededores, hacen que las horas de sol aprovechables sean máximas.

Como se puede apreciar en la Figura 1, delante de la fachada sur sólo hay pistas deportivas por lo que nunca hay sombras que puedan interferir en las placas solares.

El centro tiene actualmente los siguientes ciclos formativos.

- Ciclo superior de Energía Renovables.
- Ciclo medio de Instalaciones Frigoríficas y Climatización.
- Ciclo medio de Instalaciones de Producción de Calor.
- Ciclo superior Mantenimiento de Instalaciones Térmicas y Fluidos.
- Ciclo superior Proyecto de Edificación.
- Ciclo superior Proyecto de Obra Civil.
- Ciclo medio Obras de Interior y Rehabilitación.
- Ciclo medio Personas en Situación de Dependencia.

Figura 1. Situación IES Gran Vía. Vista 3D obtenida en Google Maps.

Al ser un Instituto de educación secundaria se imparte también la ESO y bachillerato y es un centro de referencia en cuanto a la FP en Alicante. El número total de profesores que imparten clase es de 89 y actualmente hay cerca de 700 alumnos matriculados en el centro entre ESO y ciclos formativos. Se prevé que más de 25 alumnos estén involucrados en el proyecto de una forma u otra.

El proyecto y sus contenidos se han diseñado para poder trabajar de una forma integradora con los diferentes ciclos del instituto, generando un espacio de trabajo común entre familias y a partir de ahí desarrollar materia más específica en función de los módulos de cada ciclo formativo. Por otro lado, y dentro del desarrollo tecnológico que se ha producido en el uso de energías renovables, la implementación de vehículos eléctricos es cada vez mayor, actualmente la mayoría son híbridos, pero la tendencia en el futuro es que estos pasen a ser totalmente eléctricos. La desventaja principal de estos vehículos es su limitada autonomía y la escasa (o nula) red de puntos de recarga que actualmente hay en las ciudades. Con este proyecto se pretende que la comunidad educativa que forma el centro (padres, alumnos y profesores) puedan disponer de un punto de recarga, que a su vez, será totalmente limpio (energéticamente hablando) y gratuito.

La normativa de referencia y que nos anima a plantear este proyecto es la Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52: “Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para recarga de vehículos eléctricos” que se añade al reglamento electrotécnico de Baja Tensión y entró en vigor a través del real decreto 1053/2014.

Esta aprobación significa un empuje importante para el sector de la recarga de coches eléctricos y, en definitiva, una propulsión del mercado del coche eléctrico. Y nos permite disponer de un reglamento que explica cómo proceder con la implementación de puntos de recarga. Muy recientemente, en Noviembre 2017 se publicó la Guía Técnica de aplicación de ITC BT 52: INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES: INFRAESTRUCTURA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.

En el instituto tenemos un aparcamiento privado para profesores y personal no docente de unas 50 plazas y de acuerdo con lo que exige la ITC BT 52 para edificios de nueva construcción de las mismas características, proponemos realizar una estación de recarga para coche, otra para moto y una tercera para bicicleta.

OBJETIVOS

Los objetivos principales de este proyecto son dos:

- Desarrollar un proyecto para la instalación de un punto de recarga de vehículos eléctricos mediante módulos fotovoltaicos.
- Dar servicio a la comunidad educativa del centro, de forma gratuita, de una tecnología en desarrollo y auge.

- Energéticamente la instalación sería un punto de referencia en los institutos de la provincia de Alicante, poniendo en práctica la tecnología existente. Por otro lado, se crearían especialistas en este tipo de proyectos lo que mejoraría el desarrollo, competitividad e implantación de este tipo de instalaciones.
- La explotación por parte de la comunidad educativa de la instalación proyectada es uno de los objetivos fundamentales, pudiendo cargar de una forma limpia y gratuita los vehículos eléctricos que actualmente tienen difícil esa recarga debido a la escasez de este tipo de instalaciones.

Como objetivos secundarios se pueden nombrar los siguientes:

- Concienciar a padres, alumnos y profesores de la importancia de las energías renovables, del ahorro energético y del cuidado de los recursos naturales de nuestro planeta.
- Realizar una instalación pionera en un centro educativo, no hay ninguna instalación de similares características en ningún centro docente de la provincia.
- Ayudar a nuestros alumnos del ciclo superior a comprender el funcionamiento de este tipo de instalaciones a un nivel práctico.
- Desarrollar prácticas reales a futuras promociones de alumnos.
- Promover visitas de otros centros educativos, privados, etc. a nuestras instalaciones

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En cuanto a la descripción del proyecto la instalación estará formada por los siguientes elementos y trabajos:

- Módulos solares fotovoltaicos policristalinos, 10 de 250W (primera serie) 15 de 270W (segunda serie).
- Inversor Fronius Symo 6.0-3-M
- Nuevas baterías de litio de alta tensión (acumulan directamente desde los paneles, antes del inversor y permiten acumular y gestionar los excedentes de la instalación para evitar inyección a red) ello es posible con el sistema MyReserve Matrix de Solarwatt que permite adaptar la capacidad de almacenamiento a las necesidades de cada perfil de cliente, mejorando aún más la eficiencia de sus sistemas de autoconsumo.
- Sistema Victron compatible con instalaciones anteriores de cargador, inversor, regulador monitor de baterías con control Venus GX, que permite ampliar la instalación de nuevos paneles y dar la mayor flexibilidad y rendimiento a la instalación.
- Estaciones de recarga lenta, especial vehículos 2 ruedas, modo 1 Cod: RVE-CB Circutor.
- Poste de recarga lenta exterior, modo 1, 3 Cod: RVE2-P Circutor
- Sistema de control y monitorización de toda la instalación.
- Instalación eléctrica y obra civil.

El sistema será capaz de captar la energía del sol, generar electricidad y mediante el sistema de regulación transportar esa electricidad directamente hacia el punto de recarga o, si fuera necesario, cargar la batería de litio en los momentos donde no se utilicen estos puntos de recarga. La instalación también estará conectada al centro educativo para aprovechar los excedentes de energía e inyectar esta a la red del edificio, obteniendo de esta forma un ahorro energético importante al instituto.

El sistema de control monitorizará todo el proceso y será capaz de dar datos a tiempo real de los parámetros de la instalación. De esta forma se podrá comprobar el funcionamiento desde cualquier lugar con conexión a internet.

En una primera etapa el modo de carga previsto será en modo 1 (carga lenta) con enchufe schuko de 16A y 230V, pero el equipo RVE-CB de Circutor permite también el modo 3 a 400V trifásico y 32A.

Sería necesario ampliar la potencia actual de paneles fotovoltaicos con al menos 10 paneles más de 270W y nueva potencia pico suplementaria de (2.700W) y las características de los equipos serian:

- 10 Paneles Luxor Eco line 270W Policristalino (o similares) sobre 17 soportes solarbloc

En cuanto a la ubicación de los equipos, en las siguientes figuras se pueden ver los lugares previstos.

Figura 2. Situación elementos. Figura obtenida en Google Maps.

En la zona 1 se instalarán las placas solares y en la zona 2 el punto de recarga, justo en el parking del instituto. Una de las plazas se delimitará a tal efecto y se incluyen también puntos de recarga de moto y bicicleta electricas.

Los elementos de control y baterías se ubicarán en el taller de energías renovables, que se encuentra justo debajo de las placas solares en la planta baja.

La instalación eléctrica discurrirá por la cubierta del edificio, y bajará por la fachada sur. Por el pavimento y para llegar a la zona de recarga la instalación irá por superficie y protegida mecánicamente según reglamento de baja tensión.

METODOLOGÍA

La metodología para llevar a cabo el proyecto tiene que tener en cuenta los objetivos principales ya descritos en apartados anteriores, por esta razón, y aunque se seguirán los procedimientos normales en cualquier instalación técnica, se debe hacer hincapié en el aprendizaje del alumno, en los conceptos y procedimiento adquiridos y en la finalidad del proyecto.

Las acciones que se llevarán a cabo para conseguir estos objetivos serán las siguientes:

- Definir la metodología para adaptar el proyecto a los diferentes módulos que pueden formar parte del proceso enseñanza-aprendizaje.
- Realizar una temporización adecuada y realizarla en tiempo de ejecución.
- Resolver todas las dudas que puedan surgir en el desarrollo del proyecto.
- Crear un ambiente de interés y participación con los alumnos.
- Realizar actividades para fomentar el interés del entorno de los alumnos.
- Coordinar los diferentes departamentos que formarán parte del trabajo correctamente.
- Realizar un seguimiento de los trabajos, tanto a nivel de tiempos, costes y desarrollo de estos.
- Se realizarán jornadas con las empresas del sector de la comarca, en colaboración con Circutor, Solarwatt España, APEME y Fenie energía y organismos competentes en materia de energía, como la Agencia Provincial y el IVACE.

Plan de trabajo

Según se muestra en el siguiente diagrama, el comienzo de los trabajos está previsto para el 21/05/2018 y la finalización para 13/11/2018, estos plazos se han retrasado y los trabajos comenzarán la primera quincena de enero, la planificación prevista si que será la propuesta en la figura anterior.

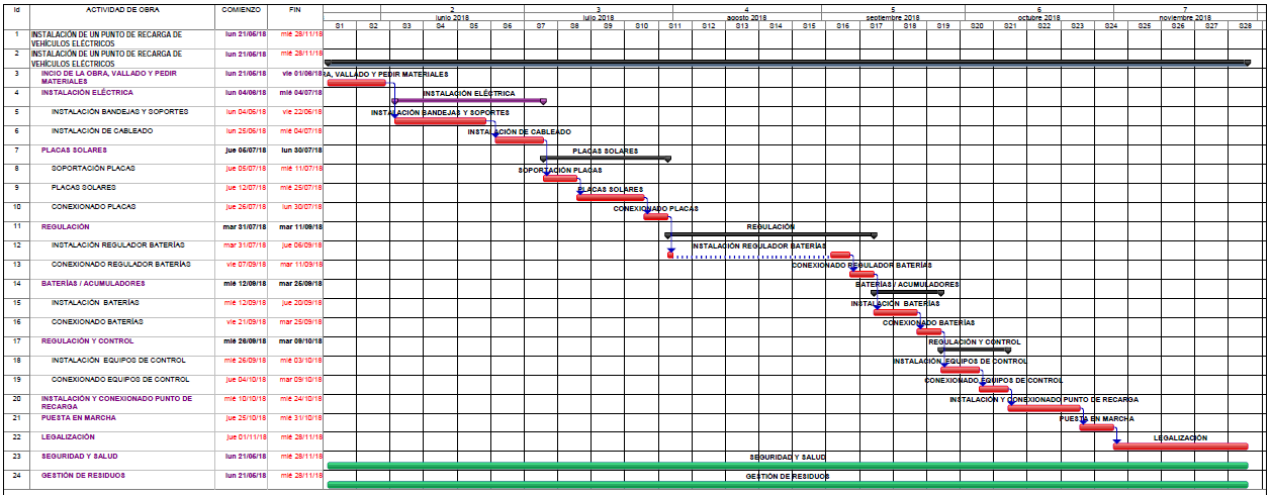


Figura 3. Plan de trabajo previsto.

La primera de las tareas será pedir materiales, vallar las zonas de trabajo y plantear la instalación. Todas las zonas de trabajo están fuera de la zona habitual de alumnos, por lo que no se prevé que haya interferencias con el uso normal del centro.

Una vez pedidos los materiales comenzarán los trabajos cuyos materiales son más rápidos de conseguir, como las bandejas eléctricas y el cableado, una vez finalizados comenzarán los trabajos en cubierta, instalando soportes y placas solares.

Una vez finalizados estos comenzarán los trabajos en el interior, instalando y conexionando el sistema de regulación de carga y las baterías. Después el sistema de control y por último en el exterior el punto de recarga de vehículos eléctricos. Para finalizar los trabajos se pondrá en marcha la instalación, realizando las pruebas pertinentes y por último se legalizará esta ante industria.

RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados esperados del proyecto son claros, por un lado, dar servicio a la comunidad educativa del centro de un sistema de carga escaso o nulo en los alrededores que además de ser gratuito es 100% renovable y por suspuesto al ser un centro educativo mejorar el aprendizaje del alumno en una tecnología en auge y que en un futuro próximo será importante y por último.

CONCLUSIONES

Pensamos que llevar a acabo la instalación propuesta ayudará a mejorar, tanto a nivel práctico como a nivel de concienciación ciudadana, el uso de energía renovables en nuestro entorno, los beneficiarios finales de la instalación será los padres, madres, alumnos y profesores que dispongan de algún vehículo eléctrico actualmente o en el futuro.

Además, se aumentarán las instalaciones donde nuestros alumnos pueden realizar prácticas y conocer nuevas tecnologías que en el futuro puden ser muy importantes.

REFERENCIAS

- Curriculm ciclo formativo energías renovables. Consellería de educación y ciencia Comunidad Valenciana.
- Documentación técnica Schneider electric.
- Documentación técnica Circutor.
- Documentación técnica equipos e Inversores fronius
- Documentación técnica fotovoltaicos Solaico, GM, Artesa, Eurener.
- Documentación técnica Solarwatt
- Documentación técnica VICTRON.

- Documentación técnica sistemas domóticos KNX España: como Schneider, Siemens, etc.
- Documentación Técnica Atecyr.
- Documentación técnica IDAE

ESTRATEGIAS PARA LOGRAR EECN EN CLIMA CÁLIDO MEDITERRÁNEO EN EDIFICIOS DE VIVIENDAS

Manuel Jesús Romero Rincón, Gerente, ETRES Consultores, Profesor, Universidad Miguel Hernández de Elche
Pedro Ginés Vicente Quiles, Profesor Titular, Universidad Miguel Hernández de Elche

Resumen: Análisis del caso real de viviendas unifamiliares aisladas. Como punto de partida las viviendas cumplen las exigencias del DB-HE 2013 y tienen Clase Energética A (indicador de emisiones de CO2) y Clase Energética B (indicador de consumo de energía primaria no renovable). A continuación, se analizan distintas estrategias para convertir las viviendas en EECN conforme a las exigencias del DB-HE 2018. Estas estrategias no deben suponer un cambio significativo respecto a las soluciones que los promotores aplican en la actualidad para la ejecución de las obras, el objetivo es ofrecer estrategias para lograr EECN sin que ello suponga un incremento significativo de los costes de construcción ni una modificación de los sistemas constructivos que se emplean en la actualidad.

Palabras clave: EECN Viviendas Unifamiliares, Clima Cálido Mediterráneo, Estrategias, DB-HE 2018

INTRODUCCIÓN

La actualización del Documento Básico de Ahorro de Energía, que deberá ser aprobado durante el año 2018, será la segunda revisión de exigencias en materia de ahorro energético que se producirá desde que se publicó la primera versión en el año 2006. Esta nueva versión del DB-HE incorporará a la normativa española, las exigencias que deberá cumplir un edificio para ser considerado como de Consumo de Energía casi Nulo, dando con ello respuesta a la Directiva 2010/31/UE que fija que a partir del uno de enero de 2019 los nuevos edificios de la administración tendrán que ser EECN y, los edificios promovidos por la iniciativa privada, a partir del uno de enero de 2021.

Las nuevas exigencias se definen dentro de un conjunto de indicadores que se basan en la norma EN ISO 52000-1, aquel edificio que cumpla con los límites establecidos para cada uno de esos indicadores será considerado como EECN.

Los indicadores se centran en cuatro bloques:

1. Primer indicador: Demanda Energética.
2. Segundo indicador: Consumo total de Energía primaria.
3. Tercer indicador: Consumo de Energía primaria no renovable, sin compensación ni energía exportada.
4. Cuarto indicador: Consumo de Energía primaria no renovable con compensación.

Los tres primeros indicadores se incorporan al nuevo Documento Básico DB-HE, dejando el cuarto indicador para su desarrollo en otras normativas.

La investigación que se presenta en esta comunicación analiza diversas situaciones tanto de envolvente térmica como de instalaciones de agua caliente sanitaria, calefacción y refrigeración, aplicadas sobre una vivienda unifamiliar aislada.

Al contrario de lo que se suele realizar en otras investigaciones de este tipo en las que se emplean modelos teóricos de edificios, en nuestro caso se analiza un proyecto real que cumple con las exigencias del Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HE 2013 y sobre él se plantean diversas estrategias para convertir dicho proyecto en un EECN.

El criterio que se ha seguido para determinar las estrategias de mejora energética sigue los siguientes principios:

- Las estrategias no deben suponer un incremento significativo del coste de construcción.
- Las estrategias no deben suponer una modificación significativa de los sistemas constructivos que se emplean en la actualidad.

En resumen, la investigación busca determinar estrategias que tengan una fácil y rápida implementación en el sector evitando crear la sensación en los promotores de que los EECN son una meta difícilmente alcanzable.

DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El presente análisis se plantea sobre un caso real de una vivienda unifamiliar aislada, situada en la costa norte de la provincia de Alicante (zona climática B4), con 150,17 m² útiles habitables distribuidos en dos plantas, planta baja con 54,29 m² útiles habitables y planta primera con 95,88 m² útiles habitables.

Figura 1. Exteriores de viviendas similares a la analizada construidas en la misma promoción.

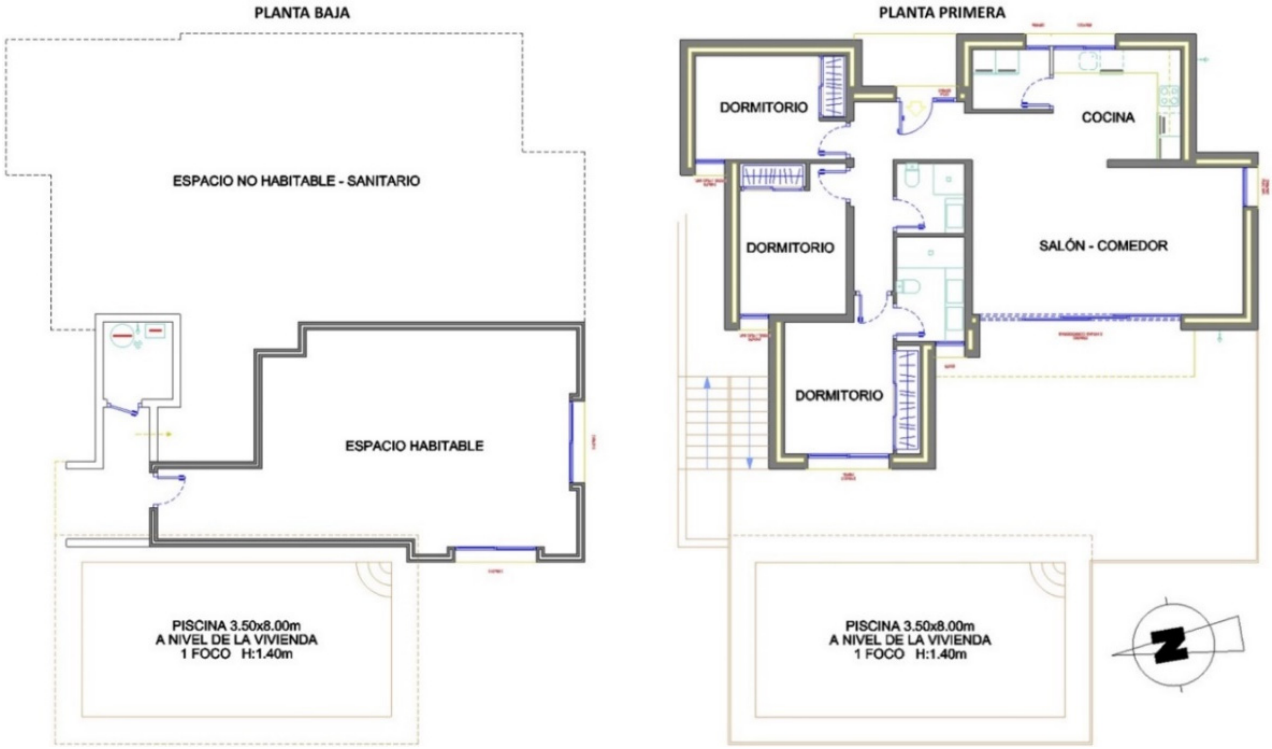


Figura 2. Planos de la vivienda analizada.

La envolvente térmica del edificio está formada por los siguientes elementos:

Fachadas (capas de exterior a interior) U = 0,28 W/(m2·K)		**Cubiertas planas (capas de exterior a interior) U = 0,20 W/(m2·K)**	
Mortero de cemento	1,5 cm	Grava + geotextil	5 cm
Bloque de hormigón (muro de carga)	20 cm	XPS – 0,034 W/m·K	5 + 5 + 5 cm
MW – 0,034 W/m·K	5 + 5 cm	Geotextil + Impermeabilización	0,4 cm
Ladrillo hueco doble	7 cm	Hormigón ligero pendientes	7 cm
Enlucido de yeso	1,5 cm	Forj. unidireccional bovedilla hormigón	25 cm
		Enlucido	1,5 cm
Suelo de Planta Primera (capas de arriba - abajo) U = 0,96 W/(m^2 ·K)		**Suelo de Planta Baja (capas de arriba - abajo) U = 1,00 W/(m^2 ·K)**	
Plaqueta de gres	1,5 cm	Plaqueta de gres	1,5 cm
Mortero de cemento	4 cm	Mortero de cemento	4 cm
EPS suelo radiante – 0,039 W/m·K	2 cm	EPS suelo radiante – 0,039 W/m·K	2 cm
Forj. unidireccional bovedilla hormigón	25 cm	Losa de hormigón armado	20 cm

Tabla I. Descripción de los cerramientos que forman la envolvente térmica del edificio.

Los huecos disponen de marcos de aluminio con rotura de puente térmico, U de 3,20 W/(m^2 ·K) y vidrios bajo emisivos, U de 1,80 W/(m^2 ·K) y g de 64%.

En la definición de los puentes térmicos, teniendo en cuenta la tipología constructiva de fachada, se ha considerado:

- Frentes de forjado y encuentro fachada con cubiertas - aislamiento térmico interrumpido sin continuidad.
- Pilares - no hay al tratarse de muros de carga.
- Fachada con suelos exteriores - aislamiento térmico sobre el forjado.
- Contorno de huecos (jambas, dinteles y alfeizar) - pequeña separación entre el aislamiento térmico de la fachada y los marcos de los huecos.
- Fachada con suelos contra el terreno - aislamiento térmico interrumpido sin continuidad.

Respecto a las instalaciones, en proyecto la vivienda dispone de una bomba de calor aire – agua destinada al suministro tanto del agua caliente sanitaria como de la calefacción (suelo radiante) y la refrigeración (fancoils). En condiciones EUROVENT, el equipo bomba de calor aire – agua tiene un rendimiento nominal en modo calor COP de 4,29 y en modo frío el rendimiento medio estacional SEER es igual a 3,04. No hay instalación solar térmica para agua caliente sanitaria. La ventilación se produce mediante un sistema de impulsión – extracción conducido y una caja con recuperación de calor con una eficiencia del 77%.

METODOLOGÍA SEGUIDA

Esta investigación se ha desarrollado empleando el software Herramienta Unificada LIDER – CALENER, HULC 2018, en su versión 1.5.1743.1155 del 19 de julio de 2018. Se trata de la versión publicada junto con el borrador del Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HE 2018 que incorpora los límites de los indicadores que definen los EECN en España.

Para el análisis de los puentes térmicos se ha empleado THERM Finite Element Simulator en su última versión 7.6.01 (fecha de versión 17 de noviembre de 2017). THERM está desarrollado por Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) para modelar efectos de transferencia de calor en dos dimensiones y está basado en el método de elementos finitos. En el análisis realizado se plantean seis casos:

- Caso 1.- Se trata de la situación de partida en el que se aplican las soluciones descritas en el apartado anterior.
- Caso 2.- Partiendo del caso 1, incluye las medidas necesarias para cumplir con el parámetro del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica K.
- Caso 3.- Partiendo del caso 2, incluye las medidas necesarias para cumplir con el parámetro de control solar de la envolvente térmica, $q_{sol;jul}$. Los casos 2 y 3 permiten cumplir con el indicador de demanda energética.
- Caso 4.- Partiendo del caso 3, se incluyen las medidas necesarias para que el edificio cumpla con el indicador de consumo total de energía primaria y el de consumo de energía primaria no renovable.

A partir del Caso 4 el edificio cumple con los indicadores EECN y, por tanto, es Edificio de Consumo de Energía casi Nulo. Para complementar la investigación, se realizan dos variaciones en las instalaciones de agua caliente sanitaria, calefacción y refrigeración conforme a lo siguiente:

- Caso 5.- Solar térmica y bomba de calor aire – agua para producción de agua caliente sanitaria y bomba de calor aire – aire para calefacción y refrigeración.
- Caso 6.- Solar fotovoltaica y bomba de calor aire – agua para producción de agua caliente sanitaria y bomba de calor aire – aire para calefacción y refrigeración.

RESULTADOS

A continuación se indican los resultados obtenidos con cada uno de los seis casos analizados, se indican los valores límite establecidos en el borrador del DB-HE 2018 para los indicadores que definen un EECN.

Caso 1.- Situación de partida

Demanda Energética		**Clase Energética**	
Calefacción kWh/(m²·año)	Refrigeración kWh/(m²·año)	Emisiones de CO2 Kg CO2/(m²·año)	Consumo Energía Primaria no Renovable kWh/(m²·año)
12,80	19,80	A – 5,30	B – 31,20

Primer indicador Demanda energética		**Segundo indicador** Consumo de Energía Primaria Total	**Tercer indicador** Consumo Energía Primaria no Renovable
K = 0,68 > 0,58 No cumple	$q_{sol;jul}$ = 17,03 > 2 No cumple	51,20 ≤ 56 Cumple	31,20 > 28 No cumple

Tabla II. Resultados obtenidos con el caso 1.

Caso 2.- Cumple el coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica K

El coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica K depende de tres componentes de la envolvente térmica: partes opacas (fachadas, cubiertas, suelos exteriores y suelos contra el terreno), partes semitransparentes y puentes térmicos. El análisis del peso que tienen cada uno de estos tres componentes sobre el valor total nos indica por donde hay que iniciar el proceso de mejora: 39% para opacos; 31% para puentes térmicos y 30% para las partes semitransparentes.

Dado que la parte opaca ya está suficientemente bien aislada, con espesores de aislamiento de 10cm en fachadas y 15cm en cubierta, se plantea el análisis de los puentes térmicos y la reducción del encuentro fachada con cubierta plana ya que en dicho encuentro es donde se producen las mayores pérdidas energéticas (54% sobre el total), para ello se propone sustituir las bovedillas de hormigón del forjado unidireccional por bovedillas de poliestireno expandido EPS obteniendo un valor de la transmitancia térmica lineal, determinado con Therm, de 0,18 W/m·K frente al valor estándar de 0,92 W/m·K

Demanda Energética		**Clase Energética**	
Calefacción kWh/(m²·año)	Refrigeración kWh/(m²·año)	Emisiones de CO2 Kg CO2/(m²·año)	Consumo Energía Primaria no Renovable kWh/(m²·año)
9,8	19,4	A – 4,9	A – 28,9

Primer indicador Demanda energética		**Segundo indicador** Consumo Total de Energía Primaria	**Tercer indicador** Consumo Energía Primaria no Renovable
K = 0,57 > 0,58 Cumple	$q_{sol;jul}$ = 17,03 > 2 No cumple	47,6 ≤ 56 Cumple	28,9 > 28 No cumple

Tabla III. Resultados obtenidos con el caso 2.

Caso 3.- Cumple el parámetro de control solar de la envolvente térmica, $q_{sol;jul}$

El control solar de la envolvente térmica depende de las ganancias solares, para el mes de julio, a través de todos los huecos con las protecciones solares activadas. Por ello, se propone incorporar persianas a todos los huecos (menos los de los aseos) y un toldo en el ventanal del salón – comedor. Se ha aplicado la norma UNE-EN ISO 52033-1 para determinar el coefciciente $g_{gl;sh;wi}$ (transmitancia total de energía a través de un hueco).

Demanda Energética		**Clase Energética**	
Calefacción kWh/(m²·año)	Refrigeración kWh/(m²·año)	Emisiones de CO2 Kg CO2/(m²·año)	Consumo Energía Primaria no Renovable kWh/(m²·año)
9,8	19,4	A – 4,9	A – 28,9

Primer indicador Demanda energética		**Segundo indicador** Consumo Total de Energía Primaria	**Tercer indicador** Consumo Energía Primaria no Renovable
$K = 0,57 \leq 0,58$ Cumple	$q_{sol;jul} = 2 \leq 2$ Cumple	$47,6 \leq 56$ Cumple	$28,9 > 28$ No cumple

Tabla IV. Resultados obtenidos con el caso 3.

Caso 4.-Cumple todos los indicadores EECN

El caso 3 muestra que el edificio está muy próximo a ser EECN por lo que se analiza cualquier pequeña mejora que haga cumplir con todos los indicadores. Como se aprecia en los planos de la vivienda, los huecos de mayor tamaño se encuentran orientados al Oeste reduciendo con ello la captación de radiación solar en invierno. Se propone en esta medida el cambio de orientación en el hueco del dormitorio principal para que su orientación sea Sur.

Demanda Energética		**Clase Energética**	
Calefacción kWh/(m²·año)	Refrigeración kWh/(m²·año)	Emisiones de CO2 Kg CO2/(m²·año)	Consumo Energía Primaria no Renovable kWh/(m²·año)
8,5	19,1	A – 4,6	A – 27,2

Primer indicador Demanda energética		**Segundo indicador** Consumo Total de Energía Primaria	**Tercer indicador** Consumo Energía Primaria no Renovable
$K = 0,57 \leq 0,58$ Cumple	$q_{sol;jul} = 1,96 \leq 2$ Cumple	$44,90 \leq 56$ Cumple	$27,2 \leq 28$ Cumple

Tabla V. Resultados obtenidos con el caso 4.

Caso 5.- Modificación en instalaciones, ACS solar térmica + bomba de calor aire – agua; climatización: autónomo bomba de calor aire - aire

Sobre el caso 3 se considera: ACS mediante solar térmica (cobertura solar anual del 77,2%) y bomba de calor aire – agua (COP en condiciones EUROVENT de 3,19); Aire acondicionado mediante autónomo bomba de calor aire – aire (en condiciones EUROVENT COP 4,28 y EER 3,75). No requiere la modificación del hueco indicado en el caso 4.

Demanda Energética		**Clase Energética**	
Calefacción kWh/(m²·año)	Refrigeración kWh/(m²·año)	Emisiones de CO2 Kg CO2/(m²·año)	Consumo Energía Primaria no Renovable kWh/(m²·año)
9,8	19,4	A – 4,3	A – 25,4

Primer indicador Demanda energética		**Segundo indicador** Consumo Total de Energía Primaria	**Tercer indicador** Consumo Energía Primaria no Renovable
$K = 0,57 \leq 0,58$ Cumple	$q_{sol;jul} = 2 \leq 2$ Cumple	$52 \leq 56$ Cumple	$25,4 \leq 28$ Cumple

Tabla VI. Resultados obtenidos con el caso 5.

Caso 6.- Modificación en instalaciones, ACS fotovoltaica + bomba de calor aire – agua; climatización: autónomo bomba de calor aire - aire

Sobre el caso 3 se considera: ACS mediante fotovoltaica (producción de 432 kWh/año) y bomba de calor aire – agua (COP en condiciones EUROVENT de 3,19); Aire acondicionado mediante autónomo bomba de calor aire – aire (en condiciones EUROVENT COP 4,28 y EER 3,75). Este caso requiere la modificación del como en el caso 4.

Demanda Energética		**Clase Energética**	
Calefacción kWh/(m^2·año)	Refrigeración kWh/(m^2·año)	Emisiones de CO2 Kg CO2/(m^2·año)	Consumo Energía Primaria no Renovable kWh/(m^2·año)
8,4	19,1	A – 5,1	A – 24,5

Primer indicador Demanda energética		**Segundo indicador** Consumo Total de Energía Primaria	**Tercer indicador** Consumo Energía Primaria no Renovable
K = 0,57 ≤ 0,58 Cumple	$q_{sol;jul}$ = 1,96 ≤ 2 Cumple	49,6 ≤ 56 Cumple	24,5 ≤ 28 Cumple

Tabla VII. Resultados obtenidos con el caso 6.

CONCLUSIONES

Como ha quedado demostrado con el análisis anterior, es posible alcanzar un Edificio de Consumo de Energía casi Nulo aplicando estrategias que no suponen un incremento significativo del coste de construcción ni suponen una modificación relevante de los sistemas constructivos que se emplean en la actualidad. Incorporando soluciones para minimizar los puentes térmicos, sistemas de protección solar como persianas y la orientación correcta de los huecos permite alcanzar un EECN. Por otro lado, se facilita a continuación una comparación entre diferentes sistemas de instalaciones (casos 4, 5 y 6) lo cual resultada sumamente interesante no ya por ser todos Edificio de Consumo de Energía casi Nulo sino porque existen diferencias en el consumo energético que pueden hacer más idónea un tipo de instalación frente a otra.

Caso	**Consumo de Energía Primaria [kWh/(m^2·año)]**		
	Total	**Renovable**	**No renovable**
Caso 4. Bomba de calor aire – agua para ACS + calefacción + refrigeración	44,90	17,70	27,20
Caso 5. ACS mediante solar térmica y bomba de calor aire – agua. Climatización mediante autónomo bomba de calor aire – aire	52,00	26,60	25,40
Caso 6. ACS mediante fotovoltaica y bomba de calor aire – agua. Climatización mediante autónomo bomba de calor aire – aire	49,60	25,10	24,50

Tabla VIII. Comparación entre los casos 4, 5 y 6.

REFERENCIAS

- Borrador del Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HE 2018 (www.codigotecnico.org)
- Borrador DA DB-HE/1 Cálculo de los parámetros característicos de la envolvente (www.codigotecnico.org)
- Herramienta Unificada LIDER – CALENER HULC 2018 (www.codigotecnico.org)
- THERM Finite Element Simulator (https://windows.lbl.gov/software/therm)
- UNE-EN ISO 52022-1: 2017. Eficiencia energética en edificios. Propiedades térmicas, solares y de luz diurna de los componentes de los edificios y sus elementos. Parte 1: Método simplificado de cálculo de las características solares y de luz diurna de los dispositivos de protección solar combinados con acristalamiento (ISO 52022-1:2017).

DEL CÓDIGO DE HAMMURABI A LOS EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

Pedro García Sanmiguel, Ingeniero, SAINT-GOBAIN HABITAT
Nicolás Bermejo Presa, Adjunto Dirección Marketing, SAINT-GOBAIN ISOVER

Resumen: Hammurabi fue el sexto rey de Babilonia desde el año 1792 hasta el 1750 AC y es conocido por promover el que se considera uno de los primeros códigos de leyes escritos de la historia, el cual integra aspectos relativos de la arquitectura e ingeniería de la época. Con la reciente publicación del borrador del nuevo Código Técnico de la edificación, vivimos momentos normativos apasionantes en la senda de la definición de los edificios de Energía casi nula, pero ¿cómo hemos llegado hasta aquí? ¿qué diferencias y paralelismos existen entre los edificios del pasado y los edificios del futuro? En esta propuesta y partiendo de una vivienda real, se irá realizando un análisis con energy plus de como han ido evolucionando los distintos requisitos establecidos en la normativa española, desde tiempo de Hammurabi hasta la nueva versión del CTE 2018.

Palabras clave: Certificación Energética de Edificios, Eficiencia Energética, Código Técnico de la Edificación, Energy Plus, Norma 52000-1, SketchUp, OpenStudio

CONTEXTO HISTÓRICO

Hammurabi fue el sexto rey de Babilonia desde el año 1792 hasta el 1750 AC y es conocido por promover el que se considera uno de los primeros códigos de leyes escritos de la historia. El código de Hammurabi, es uno de los documentos más antiguos conservados y que actualmente se encuentra el el museo del Louvre en Paris. Este documento, creado en la antigua Mesopotamia está basado en la aplicación de la ley del Talión (término que deriva de la palabra latina talis que significa "idéntico" y de donde deriva la palabra castellana “tal”) que aplicaba una pena idéntica al condenado, y en él se disponía de una serie de leyes aplicadas a la ingeniería/arquitectura.

Es también uno de los más tempranos ejemplos del principio de presunción de inocencia, pues sugiere que el acusado o el acusador tienen la oportunidad de aportar pruebas.

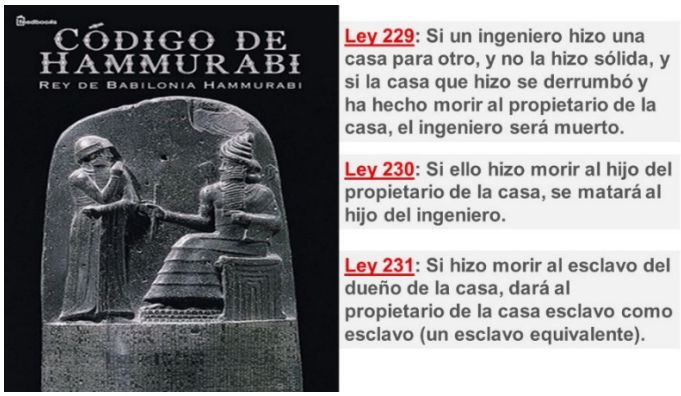


Figura 1. Representación Código de Hammurabi escrito en 1750 AC.

La legislación española sobre eficiencia energética en edificación, se articula fundamentalmente a través de tres cuerpos normativos:

- Código Técnico de la Edificación (Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación)
- Reglamento de Instalaciones térmicas en los Edifcios (Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios/ Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio).
- Certificación Energética de Edificios (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).

Desde 1957 las normas técnicas que regulaban el sector de la edificación erán desarrolladas por el Ministerio de Gobernación y estas reglas se transformaron en las Normas Básicas de la Edificación (NBE) en 1977, cuando el Gobierno decidió crear un marco unificado para toda la normativa relacionada con la edificación. Su aplicación era de obligado cumplimiento para los agentes del sector. A las NBE se le añadieron las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) para completar el marco regulatorio. Estas especificaciones no tenían carácter obligatorio y servían como el desarrollo operativo de las NBE.

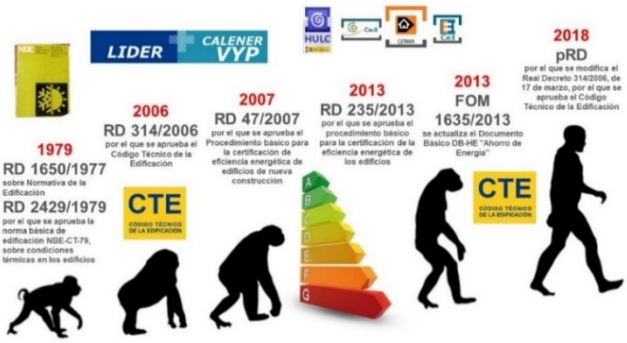


Figura 2. Evolución de la normativa asociada al Código Técnico de la Edificación desde la publicación de la NBE.

En 1999 se publica la Ley 38/1999 de 5 de noviembre de Ordenación de la Edificación (LOE) que tiene como principal objetivo regular el sector de la edificación. En materia de reglamentación era preciso actualizar una reglamentación que había quedado profundamente obsoleta por lo que la ley insta y autoriza al Gobierno para la aprobación de un Código Técnico de la Edificación mediante Real Decreto que establezca las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad. Este Código Técnico es aprobado finalmente en el año 2006. A continuación, se muestra la evolución histórica del RITE y su interrelación con el CTE.

Figura 3. Evolución de la normativa asociada al Código Técnico de la Edificación desde la publicación de la NBE.

A lo largo de todos estos cambios legislativos, se ha ido produciendo gradualmente una convergencia de las exigencias de los materiales a las exigencias de los edificios en terminos de eficiencia energética. La NBE fijaba unos valores para la Kg, el CTE del 2006 hablaba de una demanda energética del edificio de referencia, el CTE de 2013 fija unos valores límites del consumo de energia procedente de fuentes no renovables y en el 2018 se habla de un nuevo sistema de indicadores basado en la norma 52000-1.

DESCRIPCIÓN DEL MODELO CONSTRUCTIVO

Vivienda tipo

Para el desarrollo del estudio y la correcta comparación entre los resultados obtenidos para cada caso, ha sido necesario definir unas características comunes a todos los casos, de manera que los resultados de demanda obtenidos solo se vean influidos por las propiedades de los cerramientos que componen cada vivienda. Dichas características son:

- Superficie vivienda: 96 m^2
- Volumen vivienda: 200 m^3
- Superficie envolvente exterior: 168,43 m^2
- Compacidad: 1,19 (Volumen de la vivienda/Superficie de la envolvente) es importante por el hecho de que, para un mismo volumen de edificio, se consigue una menor superficie de la envolvente, reduciendo por lo tanto la pérdida o ganancia energética con el exterior.

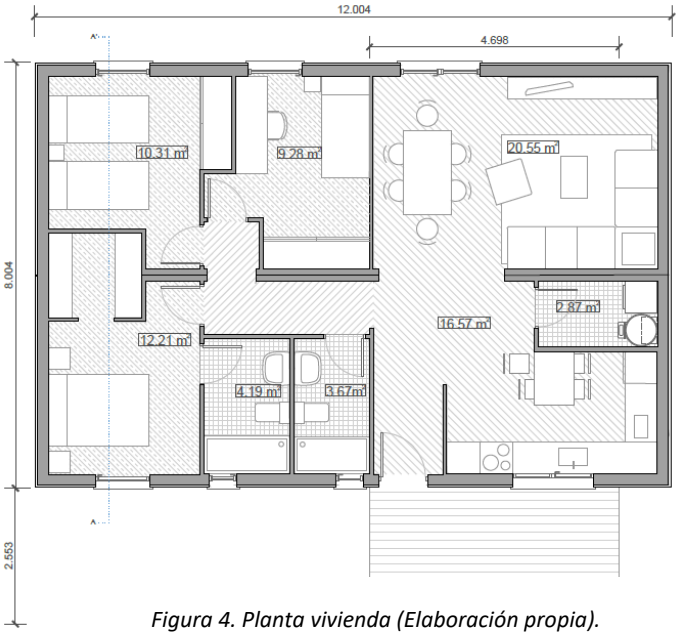


Figura 4. Planta vivienda (Elaboración propia).

La construcción, tal y como se explica en los puntos siguientes, se sitúa sobre un forjado sanitario para separar la zona climatizada del contacto con el terreno, evitando así generar pérdidas energéticas, siguiendo el modelo real de instalación de este tipo de vivienda.

Este forjado sanitario, que no va a influir en el cálculo de demanda energético objeto del estudio, se sitúa sobre losa de cimentación de 20 cm de espesor, con una altura sobre rasante de 0,5 m.

Figura 5. Alzados vivienda (Elaboración propia).

En lo relativo a los huecos se instalan un total de dos puertas, una de madera maciza y otra acristalada; y seis ventanas. Los huecos se distribuyen en fachadas opuestas tal y como se muestra en la figura 5. En cuanto a cimientación se va a suponer una losa de hormigón de 20 cm de espesor instalada en una parcela plana, con un sistema de drenaje ideal (no calculado, pues no es ámbito de este estudio) que evita todo tipo de acumulación de escorrentía; sobre la cual se colocará la vivienda ABS y, en los otros dos casos (vivienda previa al CTE y otra que cumple el CTE) partirán de ella sendas estructuras de hormigón. La zona en la que se va a suponer instalada/construida la vivienda objeto de estudio es una zona residencial, dentro de una urbanización compuesta por parcelas con viviendas unifamiliares separadas. De esta manera eliminamos el posible sombreamiento causado por edificios cercanos, propio de los núcleos urbanos. Tampoco se tendrá en cuenta el sombreamiento causado por la vegetación del lugar, consiguiendo así que la incidencia solar sea directa y constante durante todo el año. A la hora de fijar la orientación de la vivienda tipo, al tener esta los huecos en fachadas opuestas, quedando las otras dos fachadas ciegas; se ha buscado favorecer el confort visual de los ocupantes frente a evitar sobrecalentamientos o perdidas energéticas, por lo que se han considerado como dirección para las fachadas con huecos la Este-Oeste. De esta manera tendremos aporte de luz natural durante todo el día y,

dado que se trata de promover materiales de alto rendimiento, no será necesario tener en cuenta la ganancia solar que supone el tener huecos en estas orientaciones. Es más, entre los objetivos del estudio se encuentra el poner de manifiesto que con materiales de altas prestaciones no importa la orientación de la vivienda, lo que permite aprovechar la mayor cantidad de luz natural sin adquirir sobrecalentamientos en la vivienda.

Datos de partida para el cálculo

Se procede a continuación a determinar las características particulares de cada una de ellas en cuanto a las transmitancias de sus cerramientos y huecos, y a la hermeticidad y tasa de ventilación final conseguida con cada sistema. De esta manera se podrán comparar las demandas de cada caso, diferenciándolas únicamente por las propiedades particulares de los materiales que las componen. En el cálculo, además del efecto de la envolvente, se ha tenido en cuenta el efecto de diferentes puentes térmicos en todas las situaciones salvo en la relativa a la vivienda Passivhaus que, debido a su fabricación, carece de estructura de hormigón. Según la bibliografía y las diferentes normativas, los valores de transmitancia para los componentes de la envolvente térmica que se han empleado para la modelización energética han sido los expuestos en la Tabla I.

		U muros (W/m^2K)	U cubierta (W/m^2K)	U huecos (W/m^2K)	Permeabilidad ($m^3/h \cdot m^2$)
Anterior		1,98	1,98	5,8	>50
NBE-79	**A (V, W))**	1,8	1,4	3,6	50
	B (W)	1,8	1,4	3,6	50
	C (W,X)	1,6	1,2	3,6	40
	D (Y)	1,4	0,9	3,6	40
	E (Z)	1,4	0,7	3,6	40
CTE 2006	**A**	1,22	0,65	5,7	50
	B	1,07	0,59	5,7	50
	C	0,95	0,53	4,4	27
	D	0,86	0,49	3,5	27
	E	0,74	0,46	3,1	27
CTE 2013	**A**	1,25	0,8	5,7	50
	B	1	0,65	4,2	50
	C	0,75	0,5	3,1	27
	D	0,6	0,4	2,7	27
	E	0,55	0,35	2,5	27
CTE 2018	**A**	1,25	0,8	4	27
	B	1	0,65	3,2	27
	C	0,75	0,5	2,7	9
	D	0,6	0,4	2,3	9
	E	0,55	0,35	1,8	9
Passivhaus		0,146	0,142	0,6	3

Tabla I. Datos de partida.

RESULTADOS

Una vez realizadas las 30 simulaciones con el software SG SAVE, los resultados de demanda de calefacción y refrigeración en cada una de ellas se exponen en la figura 6:

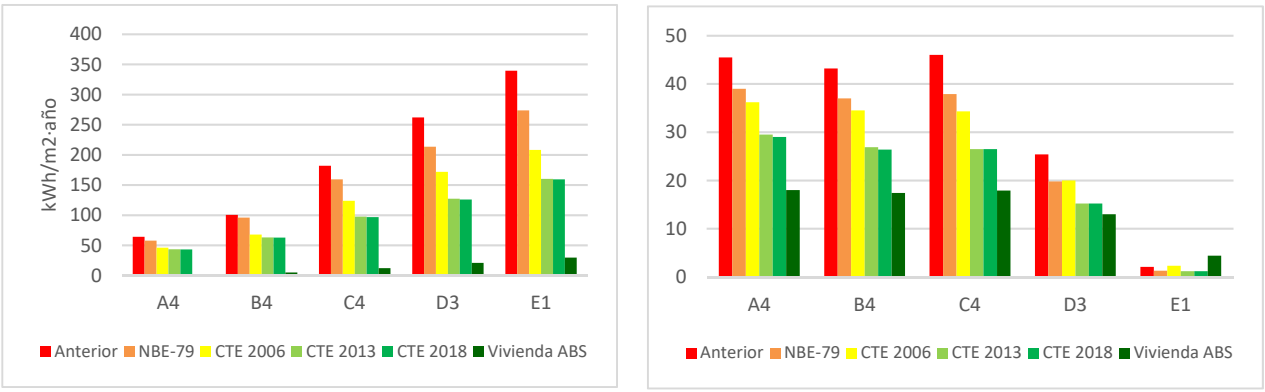


Figura 6. Demanda (kWh/m²K) de calefacción (izq) y refrigeración (dcha).

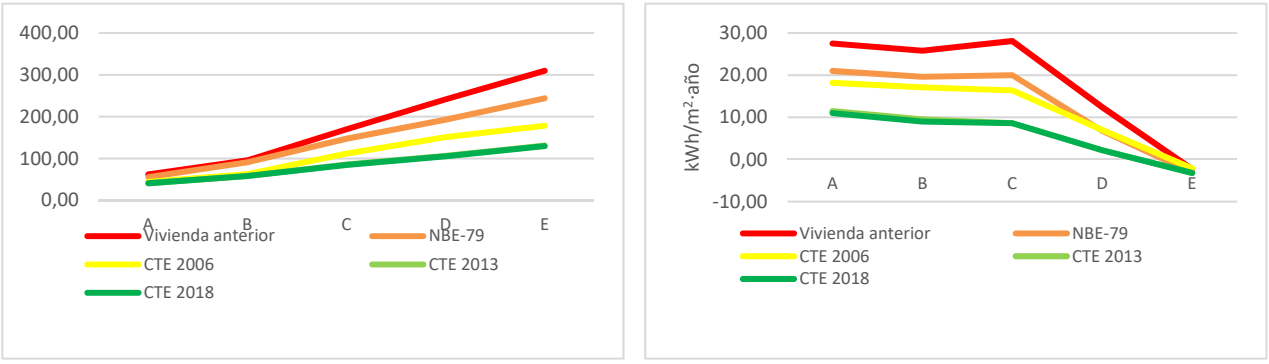


Figura 7. Ahorro (kWh/m2K) de calefacción (izq) y refrigeración (dcha).

Resultando la reducción de demanda (figura 7) de cada uno de los casos con respecto a la vivienda Passivhaus:

A la luz de estos resultados, se demuestra la eficacia del sistema de construcción Passivhaus, al conseguir menores demandas energéticas para la climatización que el resto de viviendas, independientemente de la zona climática en la que se encuentren.

CONCLUSIONES

A medida que la legislación ha ido evolucionando, se han ido incrementando las exigencias de demanda energética (parte pasiva de los edificos) y de consumo energético (parte activa), si bien actualmente no se encuentran en los niveles de certificaciones tipo passivhaus para todas las zonas climáticas. En los textos legales futuros, siempre se debería de definir un objetivo claro de reducción de la demanda energética: la DEEE define la eficiencia energética del edificio como la cantidad de energía calculada o medida que se necesita para satisfacer la demanda de energía asociada a un uso normal del edificio, que incluirá, entre otras cosas, la energía consumida en la calefacción, la refrigeración, la ventilación el calentamiento del agua y la iluminación. Esta misma directiva, define el EECN como aquel con un nivel de eficiencia energética muy alto y la cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno.

La reducción de la demanda energética se traduce en una reducción de emisiones de CO2. Estas emisiones dependerán del tipo de sistemas de climatización que se dispongan en cada vivienda. Sin embargo, es de notar que estos sistemas son cada vez más y más eficientes, incluso llegando a alcanzar rendimientos del 500% en ciertos casos en sistemas de intercambio de calor y geotermia.

En resumen, el buen comportamiento energético de una vivienda pasiva gracias al uso de materiales de altas prestaciones y una ejecución minuciosa, se traduce en una mínima necesidad de climatización tanto en los meses de

invierno como en los de verano, lo que aporta un doble beneficio: confort, ahorro económico y una reducción de las emisiones de CO2.

Como plan de acción en un escenario futuro, partimos de la base de que existe una necesidad real de cambio en cuanto al sistema de edificación actual, de manera que se reduzca ese 35-40% del total de emisiones generadas por el sector de la edificación. De no actuar y solo manteniendo el ritmo constructivo actual alcanzaríamos para el año 2050 los 2 grados centígrados, objeto de análisis durante la COP 21 (SB14 Barcelona).

Para no llegar a esos dos grados, es necesario que el sistema de edificación sostenible, tanto industrializado como de ejecución in situ, sea implantado en España, más pronto que más tarde y una vez normalizada la ejecución de esta clase de edificios, las emisiones asociadas al sector decrecerán, siendo menester la combinación con sistemas de producción de energía renovables de alta eficiencia que les permitan alcanzar el estatus de edificio de energía casi nulos y dar el salto hacia edificos de energía positiva.

Por eso y para que se produzca un cambio real, es necesario que el usuario final, concienciado de los impactos asociados a su vivienda, exija un tipo de construcción sostenible más allá de lograr amortizar su inversión; y que, a su vez, los gobiernos establezcan normativas cada vez más restrictivas referidas al impacto de ciclo de vida completo de los edificios, no solo a su etapa de uso.

REFERENCIAS

- Abergel, T., Dean, B. & Dulac, J., 2017 "UN Environment and International Energy Agency (2017): Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector. Global Status Report 2017", ISBN No.: 978-92-807-3686-1.
- Global Vision Area, 2014 "Building a common home. Building sector. A global vision report", World Sustainable Building Barcelona.
- Radhi, H., 2009, "Evaluating the potential impact of global warming on the UAE residential buildings – A contribution to reduce the CO2 emissions", Building and Environment 44 (2009) 2451–2462.
- Sanmiguel, P.G., 2018, “Hacia la vivienda sostenible. Análisis comparativo de la demanda energética entre la vivienda convencional y la vivienda pasiva en España” Universidad Politécnica de Madrid.

[1] Radhi, H., 2009, "Evaluating the potential impact of global warming on the UAE residential buildings – A contribution to reduce the CO2 emissions", Building and Environment 44 (2009) 2451–2462.

[2] Global Vision Area, 2014 "Building a common home. Building sector. A global vision report", World Sustainable Building Barcelona.

[3] Abergel, T., Dean, B. & Dulac, J., 2017 "UN Environment and International Energy Agency (2017): Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector. Global Status Report 2017", ISBN No.: 978-92-807-3686-1.

[4] Sanmiguel, P.G., 2018, “Hacia la vivienda sostenible. Análisis comparativo de la demanda energética entre la vivienda convencional y la vivienda pasiva en España” Universidad Politécnica de Madrid.

NUEVOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PROVENIENTES DE DESECHOS AGRÍCOLAS

Tomás Llorente Aguado, Arquitecto, Co-fundador, CombustionEco
Ana Blasco Lahiguera, Ingeniero químico, Co-fundadora, CombustionEco

Resumen: La necesidad de aislar los edificios es fundamental a la hora de plantear EECN, y para ello se utilizan materiales generalmente derivados del petróleo que revisten estos edificios. Por otro lado, se producen quemas de materiales que "sobran" en sectores como agricultura, ganadería, artesanía, etc. A fin de reducir la quema de materiales sobrantes y la necesidad de manufacturar materiales para la construcción se ha desarrollado un compuesto formado por materiales de uso común incluso provenientes del reciclaje con propiedades aislantes e ignífugo con una resistencia al fuego estimada EI-C90 según varios experimentos realizados. Este compuesto puede reducir el uso de materiales derivados del petróleo empleados actualmente en la construcción, así como reducir las quemas agrícolas. Dentro de la familia de materiales aislantes desarrollados en el ámbito de esta investigación, se utilizan distintos materiales reciclados provenientes de sectores como la industria la agricultura y la alimentación, por lo que se potencia la economía circular.

Palabras clave: Aislamiento Térmico, Protección Contra Incendios, Reciclaje, Sostenibilidad, Lean Startup, Economía Circular

INTRODUCCIÓN

El fuego es una fuente importante de daños a la propiedad y de pérdida de vidas. Se estima que el coste económico total de los incendios representa en torno al 1% del Producto Interior Bruto (PIB) en la mayoría de los países avanzados. Así pues, existe una necesidad de proteger los materiales contra posibles incendios y de ahí que existan normativas de seguridad específicas.

Con el fin de cumplir con estas normas de seguridad contra incendios, se añaden sustancias 'retardantes de llama' o 'materiales ignífugos' a los materiales combustibles, tales como plásticos, maderas, papel, textiles y equipos electrónicos**.** Se trata de productos químicos que se añaden a los materiales combustibles para aumentar su resistencia al fuego, dificultando así su ignición o impidiéndola completamente si el fuego es pequeño. Actualmente existe una gran diversidad respecto a los distintos materiales aislantes térmicos de edificios, no sólo en lo relativo a su composición – más o menos amigable con el medioambiente - sino también en la cantidad de energía necesaria para su elaboración, que puede llegar a 70 MJ/Kg.

Debido a la preocupación creciente en el ámbito de la salud pública, la Unión Europea ha dictado normas para eliminar o reducir la presencia de algunas de estas sustancias. También han sido incluidas en el Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes a fin de reducir su presencia a nivel mundial. A consecuencia de estas y otras medidas, estos PBDEs, polibromodifeniléteres, identificados como conflictivos tienen que ser sustituidos por otros compuestos como el material presentado en este Proyecto.

CONOCER LAS NECESIDADES DEL SECTOR Y APORTAR VALOR EN CADA PASO

A través de este proyecto se ha conseguido proponer soluciones a varios problemas en los sectores de la agricultura, el turismo, urbanismo y arquitectura.

La propuesta original trataba de aportar valor a los municipios costeros del levante generando nuevos contenidos culturales, sociales y económicos a través de la propuesta "Fallas del Mar" (Llorente, T. 2010). En este documento se proponía la realización de una escultura metálica sobre una plataforma que a su vez se sitúa sobre el mar cerca de la costa, paseo marítimo, malecón, etc. Sobre esta escultura metálica se habría de colocar otra escultura que sería objeto de una "cremà" a celebrar el fin de semana anterior a las "cremàs" oficiales de Las Fallas o las Hogueras de San Juan. El material de la escultura destinado a ser quemado no suponía en ningún caso un perjucio para el mar según estudios realizados por la Universidad de Castilla la Mancha. Una vez finalizada la "cremà" de la primera escultura, quedaría al descubierto la escultura metálica sobre la plataforma que flota en el mar. Posteriormente la escultura metálica se sumergiría en el fondo marino generando así una suerte de museo fallero submarino favoreciendo la biodiversidad marina y fomentando el turismo de actividades acuáticas a lo largo de todo el año.

A pesar de lo ilusionante de esta propuesta, no se encontró respaldo en ninguna instancia cultural, social o administrativa. Era necesario cambiar el paradigma de la propuesta inicial y encontrar las verdaderas necesidades de las personas, asociaciones o instituciones con intereses en el territorio rural-urbano.

Metodología LEAN

Pasar de la concepción (aún tradicional) centrada en el producto a una visión más centrada en el usuario / cliente /ciudadano es una de las bases de la metodología Lean Startup (Ries, E. 2011). De esta forma se inició el proceso de identificación de los "dolores" de los agentes involucrados, según la terminología empleada en el lienzo de propuesta de valor (Osterwalder, A. 2014) se reenfocó la propuesta de valor originalmente prevista en "Fallas del Mar".

Así se llegó a la siguiente propuesta de valor.

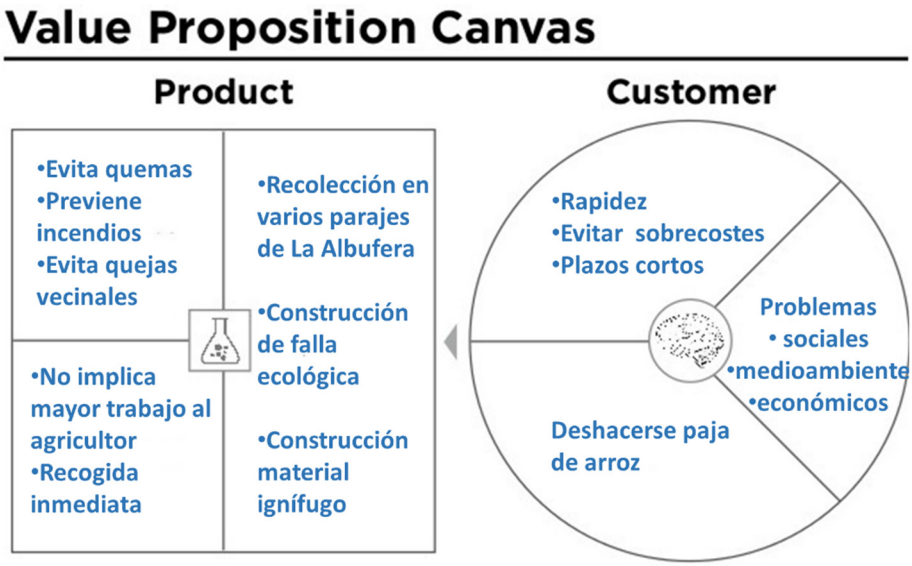


Figura 1. Paja value proposition canvas.

Se identificaron los problemas que suponía a los agricultores la necesidad de deshacerse de la paja de arroz - especialmente en La Albufera. La práctica más generalizada es la quema de la paja en la propia Albufera, otras opciones son triturar la paja y esparcirla en el propio terreno o someterla a procesos de compostaje. Las dos últimas opciones suelen ser descartadas por suponer un mayor coste económico y demandar mayores plazos para obtener el resultado deseado de eliminar la paja de arroz. Este conocimiento adquirido orientó la propuesta de valor hacia las necesidades de los afectados por los problemas detectados, de este modo se propuso inicialmente utilizar la paja de arroz de La Albufera para construir un monumento fallero (Las Fallas actualmente están construidas con Poliestireno Expandido - PEE- que es un derivado del petróleo).

Problemática medioambiental, económica y social

La producción de paja de arroz en la comunidad Valencia asciende a 117.000 ton/año, y sólo en La Albufera se alcanzan las 75.000 - 90.000 toneladas anuales. Si bien esto supone un foco económico de primer nivel, no está libre de problemas medioambientales ya que cada año los restos de paja de arroz se queman (incluso añadiendo gasolina) en la propia Albufera, que es un espacio protegido.

La contaminación atmosférica llega a alcanzar al casco urbano del municipio de Valencia produciendo un elevado impacto en la población y las consiguientes quejas vecinales y problemas de salud.

A nivel administrativo también se generan inconvenientes entre la Administración regional y los agricultores ya que se expiden multas a los agricultores que realizan quemas fuera del corto plazo permitido. Hasta 800 multas se impusieron por parte de la policía por quemas por las noches o fuera de plazo tras la última campaña de recolección de arroz (Levante, 2017).

Figuras 2a y b. Visita a los campos quemados y quemas nocturnas en La Albufera.

Producto mínimo viable y arquitectura efímera

Como primera solución al empleo alternativo a la paja de arroz se acomete la iniciativa de construir un monumento fallero para demostrar la hipótesis de que se puede retirar el PEE de Las Fallas, de este modo se está evitando la quema de la paja en un entorno natural protegido como es La Albufera y evitando también el empleo de derivados del petróleo en la *cremà*.

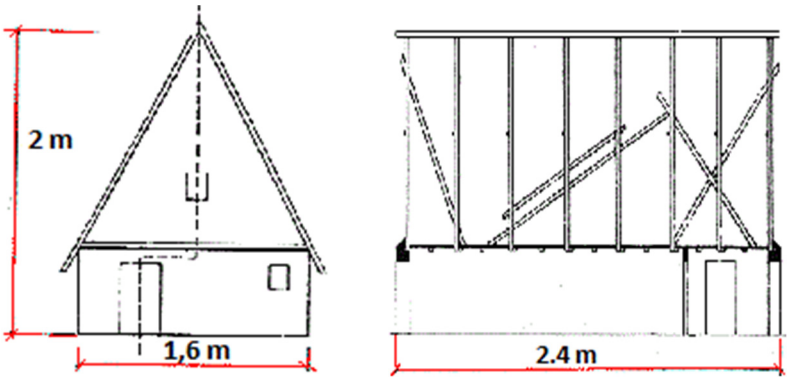


Figura 3. Alzado y sección monumento fallero con material experimental.

- La fabricación de la falla ecológica evolucionó siguiendo los pasos descritos en la metodología Lean, produciendo iterativamente productos mínimos viables que aportaran valor de forma incremental a los agentes intervinientes en el proceso fallero. Los pasos que se fueron validando comenzaron con la validación de propio material (figura 4a) tras varios procesos de consultas y pruebas para recabar el feedback de los artistas falleros, de forma que el material obtenido fuera cómodo de usar y tuviera la textura, maleabilidad, densidad y capacidad para ser cortado, pegado y pintado. Una vez obtenido el material adecuado se construyó una barraca a pequeña escala para validar que la forma, la integración de los distintos materiales (la cubierta era de paja de arroz natural, sin tratar) produjera el efecto deseado a la hora de arder (figura 4b). La siguiente iteración supuso un grandísimo esfuerzo ya que se trataba de construir una falla modelo infantil a escala real, sólo contando con dos personas y apenas 3 meses. Este paso fue objeto de subprocesos internos de validación como diseño y prefabricación de las cerchas de la estructura, medidas y proporciones de la barraca para optimizar el material, tendiendo a un proceso de "cero residuos", proceso de transporte a la zona de "plantá", proceso de captación de fuego tras el encendido de la traca inicial, etc. de este proceso sólo se muestra la falla ecológica ya plantada en la plaza de la Virgen de la Merced junto a falleras mayores y "artistas falleros" (figura 4c). El proceso iterativo culminó con la validación de que la falla construida con material derivado de la paja de arroz superó la "prueba de fuego" definitiva, la cremá el 19 de marzo de 2018 – figura 4d.

Figuras 4a, b, c y d. Proceso interactivo incremental de aportación de valor para la falla ecológica.

- Durante los procesos de aportación de valor hacia la consecución del objetivo final de la construcción, plantá y cremà de la falla ecológica se produjeron retrocesos al no validarse las hipótesis planteadas en cada paso, por ejemplo, al comienzo el material no era manejable para los artistas falleros o era demasiado denso y estropeaba su maquinaria, o la pintura aplicaba impedía una combustión limpia del material, etc. La diferenciación de la metodología Lean es que esos pasos atrás son pequeños pasos atrás, es decir no suponen una pérdida sustancial de recursos, de materiales o de tiempo, sin embargo, aportan un aprendizaje que se puede aplicar a los siguientes pasos.
- De especial relevancia para el proyecto fue una iteración de material en la que se quería validar una mejor cohesión y manejabilidad. El resultado fue que efectivamente el material era homogéneo, maleable, ligero, pero no era capaz de arder como era necesario para el objetivo final de la construcción de la falla ecológica. A pesar de la decepción inicial ese material ha evolucionado como el germen de una nueva línea de investigación, enfocada en algo aparentemente opuesto y a partir de esta invalidación de hipótesis inicial, se ha desarrollado un material con aún más potencial de aplicación en sectores como la construcción, medioambiente, mobiliario urbano y que además impulsa la economía circular.

Material aislante e ignífugo 100% reciclado

Tras unas pruebas que no alcanzaron el objetivo de falla ecológica se ha desarrollado un nuevo compuesto formado por materiales provenientes de reciclaje y residuos agrícolas e industriales. Actualmente se encuentra en fase de pruebas.

Para el desarrollo de este material también se está siguiendo el principio de metodología Lean, por lo que se realizó nuevamente un value proposition canvas, pero teniendo en cuenta las nuevas condiciones y nuevos actores que intervienen en el proceso. Siguiendo con la metodología Lean, se han llevado a cabo varios experimentos con diversas composiciones de materiales 100% naturales o reciclados. Especialmente relevantes han sido los experimentos de resistencia al fuego. Como en el caso de la construcción de la falla ecológica se han elaborado subprocesos para llegar al objetivo de maximizar la resistencia al fuego del material reciclado.

Las últimas pruebas realizadas han consistido en la exposición directa al fuego con una llama alrededor de 600 grados centígrados durante 120 minutos. La clasificación estimada del material es en función de las pruebas realizadas.

- A1 por comportarse como material no combustible y por no contribuir al fuego durante un incendio.
- S1 por emitir una cantidad de humo baja o casi nula.
- d0 por no producirse gotas durante la exposición al fuego.

Figura 5. Prueba de exposición directa al fuego material ignífugo.

Una de las pruebas realizadas ha sido colocar directamente el dedo sobre la parte superior mientras la llama atacaba directamente al material en la parte inferior. A pesar de tener un espesor de apenar un centímetro y medio, el dedo se puede mantener apoyado en la parte superior, lo cual demuestra su elevado gradiente de aislamiento térmico.

Características técnicas del compuesto del proyecto

- Densidad: 380 kg/m3
- Estabilidad al fuego: hasta 180 minutos en experimentos en exposición directa al fuego
- Comportamiento frente al agua: No es higroscópico, si sumergimos el material completamente en agua los niveles de absorción son mínimos con valores oscilando entre el 1% y el 4% en volumen.

Si añadimos termoplásticos tipo PET hasta un 15% podemos reducir la aportación del aglutinador, a la vez que contribuimos a la eliminación de la contaminación marina, contribuyendo a reciclar una parte de las más de 2 millones de ton/año de plástico que se vierten a los mares.

Características técnicas añadiendo máximo 15% de plástico reciclado

- Densidad: 360 kg/m3
- Estabilidad al fuego: 120 minutos
- Comportamiento frente al agua: No es higroscópico, si sumergimos el material completamente en agua los niveles de absorción son mínimos con valores oscilando entre el 1% y el 3% en volumen.

Próximos pasos

Si bien la necesidad de recogida de paja de arroz se mantiene ahora es necesario añadir nuevas necesidades como la eliminación de otros residuos como plásticos. Producir una tonelada de plástico requiere dos toneladas de petróleo y conlleva un gasto energético equivalente al consumo eléctrico anual de 6 familias. El consumo anual de plástico en España es de 2 millones de toneladas, de los cuales el 70% son envases, y la mitad de ellos, botellas. El crecimiento en el consumo de plástico ha pasado de 300 gramos al año en los años 60 a 115 kilos al año por persona. Actualmente se recicla el 30% del total y el 66% acaba en vertederos.

La introducción de nuevos materiales como el plástico ofrece la capacidad al material originalmente diseñado para ser empleado como aislamiento térmico e ignífugo, de ser empleado ahora como material de construcción.

Las pruebas realizadas introduciendo plástico al material demuestran que se gana en capacidad de resistencia mecánica y se mantiene una buena resistencia al fuego de 120 minutos.

La capacidad de reciclar plástico como parte del material de construcción alcanza las 27.000 botellas como parte integrante del cerramiento exterior de una vivienda de 70 metros cuadrados.

Figura 6. Prueba del molde para bloque de construcción.

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo inicial de este proyecto no hubiera sido posible sin el apoyo de nuestras familias que han sufrido estoicamente las incomodidades de la fabricación de prototipos y maquetas en casa, incluso colaborando activamente.

Vicente Betoret, Agustín (agricultor), Centro Unesco Valencia Mediterráneo, artistas falleros, la Falla de la Plaza de la Merced por el apoyo en la fase de construcción de la primera falla ecológica a base de paja de arroz. Al Programa Startup Europe Accelerator de la Fundación Finnova, cuyo director Juan Manuel Revuelta ha creído y apoyado en la estrategia de internacionalización de este proyecto y presentación en proyectos pilotos europeos, Life y H2020.A Lanzadera por creer en el proyecto del material ignífugo y su capacidad de satisfacer necesidades del mercado. A Movisat por compartir nuestra visión innovadora aportando nuevos usos al material ignífugo.

REFERENCIAS

- Osterwalder, A. (2014). Value proposition design: how to create products and services customers want. John Wiley and Sons.
- Ries, E. (2011). The Lean Startup. USA: The New York Time Best Seller.
- https://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/13-03-2013_Aprovechamiento%20residuos/02-La-Energia-de-los-Residuos-ALBAINGENIEROS-fenercom-2013
- https://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/productos-quimicos/contaminantes-organicos-persistentes-cop/obligaciones_Estocolmo_2.aspx
- https://www.levante-emv.com/valencia/2017/12/08/policia-impone-800-multas-quemar/1651931.html (8 de diciembre 2017)
- http://www.construible.es (17 de mayo 2014)
- https://lanzadera.es/ (10 de septiembre 2018)

HORMIGÓN CELULAR CURADO EN AUTOCLAVE: EL SISTEMA CONSTRUCTIVO QUE PONE LA ARQUITECTURA PASIVA AL ALCANCE DE TODOS

A. Javier Siles Conejo, Arquitecto Técnico, Passivhaus Tradesperson, Fundador, idnais.es

Resumen: De un tiempo a esta parte, las casas pasivas se están haciendo un hueco en la sociedad. El problema surge cuando se empieza a hilvanar el presupuesto de ejecución y se observa un incremento de espesores, instalaciones, servicios técnicos, etc. lo que califica a la edificación como cara. Por todo ello, el mercado necesita de nuevas soluciones ante estas nuevas demandas con nuevos sistemas constructivos: Más eficientes, que reduzcan capas y espesores, con un menor impacto medioambiental. Para esto, el hormigón celular curado en autoclave tiene la respuesta.

Palabras clave: Eficiencia Energética, Arquitectura Pasiva, Agentes de la Edificación, Sencillez

INTRODUCCIÓN

Más allá de los esfuerzos ya realizados para la definición de objetivos de consumo energético casi nulo y de modelos y tipologías de edificios en consecuencia (ECCN), y que a escala legislativa nos hemos marcado todos con la aprobación de las diferentes directivas europeas y consecuente transposición de normas a escala nacional, comunitaria y local en los diferentes estados de la Unión Europea, la consecución efectiva de estos objetivos pasa por una irremediable evolución del sector de la edificación hacia un mayor grado de sensibilización, concienciación, especialización, tecnificación y hacia la búsqueda y puesta en práctica de estrategias y recursos que resulten realmente eficientes desde los puntos de vista técnico, social, económico, además de con una implantación de amplio alcance transversal en todos los subsectores implicados, además de por una transición lo más práctica y sencilla posible para las empresas, profesionales y promotores, responsables de pagar las facturas económicas de todo el proceso, y por tanto actores clave para que el mismo realmente sea posible a un coste real y adecuado.

Insisto, una transición práctica y sencilla a la vez que económica para los distintos agentes de la edificación definidos en la Ley Orgánica de la Edificación (LOE) vigente, cuyos retos particulares van a tratar de exponerse en el siguiente texto, y a los que se les va a ofrecer y justificar con esta ponencia una solución realmente capaz, eficiente y de implantación inmediata, por supuesto no la única, pero de espectro lo suficientemente amplio, probada valía y más que suficiente experiencia industrial a nivel mundial para garantizar con creces todo lo anterior.

LOS AGENTES DE LA EDIFICACIÓN Y SUS RETOS PARTICULARES ANTE LOS ECCN

A continuación, se van a evaluar y definir las necesidades de cada agente de la construcción, así como las soluciones que con respecto a la problemática estructural y de envolvente ciega, cada uno de ellos necesita de forma inmediata para afrontar el reto de contribuir a la ejecución material de los ECCN. El hilo de la exposición guardará un paralelismo con el proceso lógico de toma de decisiones en todo proyecto de edificación, aunque empezando por la fase de diseño, ya que fue esta la encargada de recibir el "encargo normativo" de aumentar el grado de exigencia en materia de eficiencia energética experimentado por el sector a razón de la puesta en vigor de las últimas directivas y normativas.

LOS RETOS DEL PROYECTISTA/DIRECTOR DE OBRA

Figura encargada de resolver las necesidades del promotor, con total respeto a la técnica necesaria, a la normativa de obligado cumplimiento y no se nos puede olvidar, al presupuesto. Ha sido el que, al parecer de forma irremediable, ha tenido que comunicar al promotor tanto particular como profesional que el módulo de construcción con el que se estaba trabajando por costumbre se ha visto forzado a incrementarse debido en su mayoría a las siguientes cuestiones:

- Aumento de espesores de aislamiento, consecuencia de una mayor exigencia normativa en lo referente a la limitación de demanda energética y de consumo de fuentes no renovables.
- Consideración de nuevas técnicas de aislamiento minoritarias hasta la fecha, con miras a mitigar la presencia de puentes térmicos. Con especial atención a los SATE (Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior).
- Incremento de calidad para los huecos de la envolvente acristalada, ofreciendo un balance energético anual notablemente mejorado con respecto a los productos comúnmente utilizados hasta la fecha.

- Inclusión en los proyectos de ventilación con recuperación de calor y mejora en prestaciones y rendimiento de las instalaciones de climatización.
- Presencia obligatoria de contribuciones energéticas renovables (energías renovables, cogeneración, etc.).

De todas las anteriores, quizá la de por lo general mayor calado por su peso propio en lo económico dentro de un proyecto típico es la relacionada con la elección del sistema de aislamiento y el espesor correspondiente, ya que si se continúa diseñando con las mismas lecciones constructivas tradicionales, efectivamente esto nos conduce a un incremento irremediable y notables de los presupuestos de ejecución material de los proyectos.

Con lecciones constructivas tradicionales nos referimos esencialmente a:

- Empleo de estructuras de hormigón y/o acero, tan extendidas en nuestro país, cuya función se cumple a la perfección, aunque no cuentan con buenas características térmicas.
- Empleo de soluciones de cerramiento exterior con albañilería tradicional, pétreos artificiales, etc., cuyo comportamiento térmico dista bastante de los aislamientos específicos.
- Uso generalizado de las dos anteriores combinadas en el subsector de la vivienda unifamiliar y edificios plurifamiliares de cota moderada, en claro detrimento de soluciones también válidas como los muros de carga con sistemas técnicos y materiales actuales.

En consecuencia, se observa de un tiempo a esta parte una clara tendencia a la apuesta de los proyectistas en el mercado español por soluciones constructivas de probada eficacia en otros países de ámbito centro-europeo o americano que, están demostrando su competitividad, siendo capaces de aunar altas capacidades térmicas (próximas a las de los aislamientos térmicos específicos) a la par que mecánicas, además de un más que notable buen desempeño medioambiental, en comparación con las soluciones tradicionales.

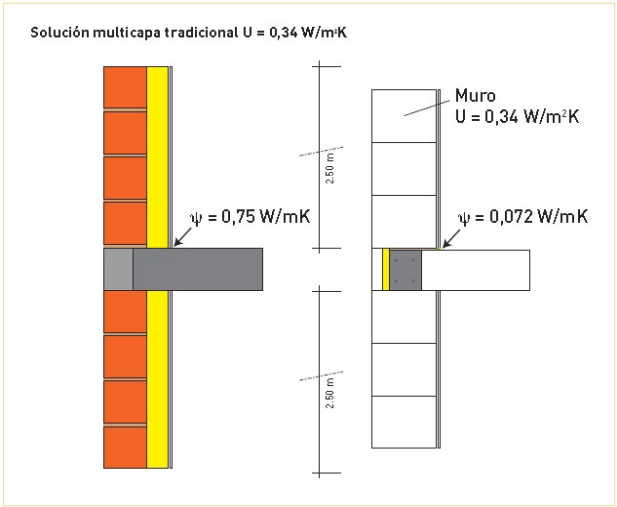


Figura 1. Comparativa solución tradicional – AAC para encuentro de forjado intermedio con fachada.

Cabe destacar el gran esfuerzo que en materia de prescripción y asistencia técnica deben prestar las compañías encargadas de la comercialización de dichas soluciones técnicas en un mercado tan incipiente como el nacional. De ello hacen buen uso de los redactores de proyectos, siendo de este modo capaces de afrontar con confianza y de una manera práctica y sencilla los cambios a los que les obliga la actual coyuntura normativa. Nos referimos a la construcción denominada como “en seco” basada en el empleo de la madera, productos transformados y / o reciclados, u otros como el AAC (Aireated Autoclaved Concrete).

LOS RETOS DEL PROMOTOR

Según lo definido por la legislación vigente, se trata del propietario del terreno/solar y del proyecto, por lo tanto, agente al que se le asigna en primer orden la propiedad final, así como la responsabilidad legal y económica de esta. Es por tanto el principal interesado en optimizar económicamente la inversión a afrontar, y quien aceptará de buen grado:

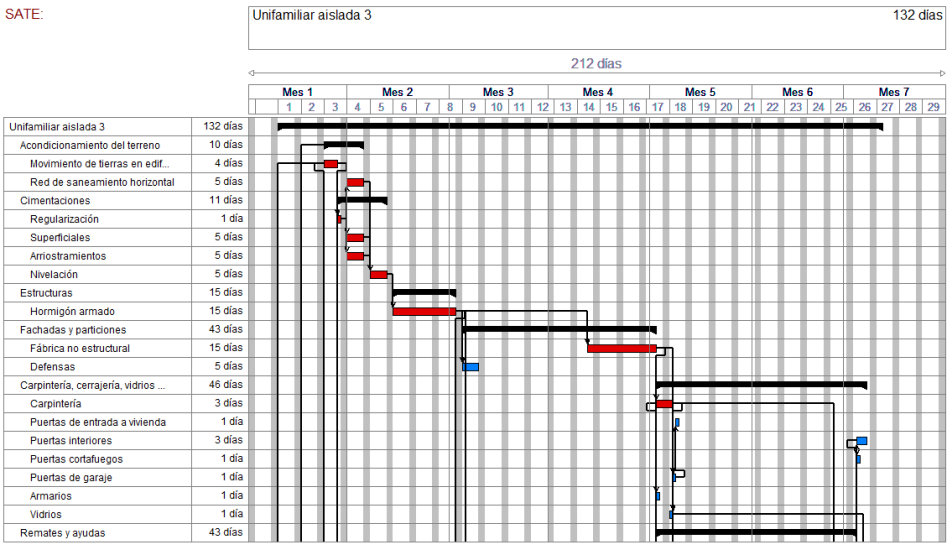
- Soluciones que en cumplimiento de la normativa vigente sean respaldadas técnicamente por el Proyectista/Director de Obra.
- Soluciones que económicamente sean acordes a los precios del mercado.
- Soluciones que sociológicamente sean aceptadas por el mercado o por si mismo (en el caso de tratarse de un auto promotor), con sus prejuicios técnicos y culturales, los cuales como ya se ha comentado se van subsanando a medida que va aumentando la presión normativa y económica, además del grado de cultura y sensibilización medioambiental general en la sociedad española.

Continuando centrados en el subsector de la vivienda unifamiliar y edificios plurifamiliares de cota moderada, por razones evidentes de capacidad, alcance y eficiencia de las soluciones constructivas que protagonizan esta ponencia, a continuación se exponen dos extractos de dos planificaciones técnico- económicas para la misma vivienda unifamiliar aislada, de planta baja y alta, situada en una localidad de la provincia de Valencia (zona climática B3) con unos 170m2 construidos, desarrollados en 2 plantas cuasi simétricas en superficie; dando respuesta ambos planteamientos a los requerimientos normativos vigentes en materia de eficiencia energética.

Presentamos a continuación dos gráficos y exponemos las diferencias que básicamente se pueden encontrar entre ambos:

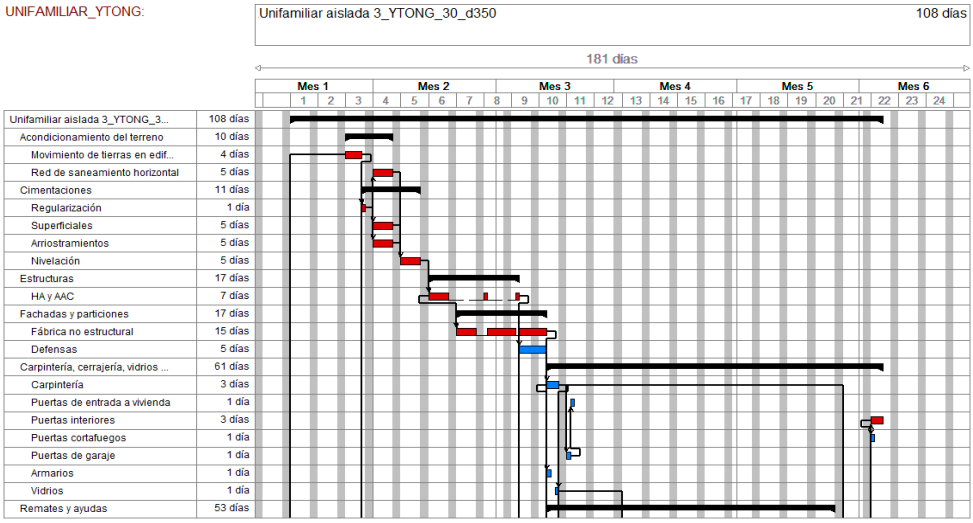
- Ahorro en plazo, (18% para este caso particular) ya que, recuperando la técnica constructiva de los muros de carga, es posible dar respuesta al tiempo a las solicitaciones estructurales y a la construcción de los cerramientos exteriores de la propia vivienda. Evitando plazos de demora /espera por procesos de fraguado y otros similares. (véase el detalle de programación de la fábrica no estructural en ambos gráficos).
- Ahorro económico, (10.578,20€, IVA incluido para este caso particular) (4,76% PEC+IVA), al no necesitar de estructura independiente y soluciones de aislamiento térmico por el exterior con respecto al cumplimiento del actual DB HE en este caso concreto. Además, el ahorro en plazo supone un abaratamiento en costes indirectos, a considerar en todo caso.

En consecuencia, dependerá de cada caso particular a estudiar, pero es incuestionable que el empleo de estos sistemas constructivos alternativos se sitúa como un recurso totalmente válido y eficiente para el promotor y/o auto promotor, sustituyendo en cierto número de casos a las soluciones más convencionales y/o necesitando en menor grado de ellas en proyectos de mayor complejidad, tamaño y condiciones específicas de exigencia.



Plan de pagos							
Mes	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
Pago mensual	25.226,26 € (11,4%)	39.710,50 € (17,9%)	42.074,29 € (18,9%)	12.020,74 € (5,4%)	50.846,93 € (22,9%)	39.486,32 € (17,8%)	12.744,92 € (5,7%)
Pagos acumulados	25.226,26 € (11,4%)	64.936,76 € (29,2%)	107.011,05 € (48,2%)	119.031,79 € (53,6%)	169.878,72 € (76,5%)	209.365,04 € (94,3%)	222.109,96 € (100,0%)

Figura 2. Extracto de cronograma y plan de pagos para estructura de HA y SATE.



Plan de pagos

Mes	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Pago mensual	25.226,26 € (11,9%)	50.110,73 € (23,7%)	71.732,89 € (33,9%)	25.400,80 € (12,0%)	34.244,75 € (16,2%)	4.816,33 € (2,3%)
Pagos acumulados	25.226,26 € (11,9%)	75.336,99 € (35,6%)	147.069,88 € (69,5%)	172.470,68 € (81,5%)	206.715,43 € (97,7%)	211.531,76 € (100,0%)

Figura 3. Extracto de cronograma y plan de pagos para estructura con AAC.

LOS RETOS DEL CONTRATISTA Y DIRECTOR DE EJECUCIÓN

Estos son los responsables a pie de obra de llevar a la ejecución material lo prescrito por el proyectista, con la calidad que exige la normativa y el promotor, y quizá lo más complicado, con el compromiso presupuestario pactado entre las partes. A consecuencia de esto, estos agentes necesitan fundamentalmente lo siguiente:

- Soluciones técnicamente sencillas que permitan conocer el alcance del proyecto con relativa facilidad, para poder ofrecer una completa y rápida valoración de cara a la elaboración de los presupuestos correspondientes, y que cuenten con la solvencia técnica certificada suficiente para simplificar el control de calidad durante todo el ciclo de vida del proyecto.
- Soluciones que permitan una transición sencilla hacia la alta eficiencia energética final, sin implicar un alto grado de especialización de los recursos humanos, ya que en caso contrario cerraría las puertas a la participación de muchos actores que no podrían competir y se verían abocados a la inactividad o a la subsistencia mediante trabajos menores y auxiliares.

Esta situación se da en gran medida en las áreas rurales, en donde es más complicado acceder a los conocimientos y recursos para acceder a la eficiencia energética real. Por todo lo anterior, se necesita de estrategias y recursos que se acerquen a dichas zonas rurales para transmitir los conocimientos necesarios, que faciliten un aprendizaje local para un mercado también local.

- Soluciones que no requieran un alto grado de mecanización, ya que ello derivaría en un inevitable incremento de los costes indirectos y generales de las empresas, y por tanto no las dejaría competir en igualdad de condiciones frente a otras organizaciones con más medios.
- Soluciones que por su sencillez, impliquen un alto grado de seguridad real en el trabajo, y que favorezcan el aprovechamiento máximo de recursos, dando lugar a una menor generación de residuos, con sus beneficios económicos y medioambientales asociados.

En consecuencia, el mercado real de nuestro país, necesita de soluciones para que de una forma rápida se pueda dar respuesta a las exigencias actuales en materia de alta eficiencia energética. Soluciones con las que puedan experimentar y trabajar empresas de cualquier tamaño y en cualquier lugar, desde las zonas urbanas de mayor densidad, hasta las rurales en las que los recursos con los que se puede contar suelen ser únicamente humanos y con una marcada falta de conocimientos técnicos. Ello obliga a ponerles las cosas fáciles, a simplificar las cosas desde el

proyecto mismo, claro esta, reclamando un alto grado de implicación y apoyo de las empresas y proveedores, verdaderos artífices necesarios para que ello posible.

CONCLUSIONES FINALES

A modo de síntesis final, y rescatando las últimas líneas del párrafo anterior, pensamos que debe ponerse de relevancia una nueva realidad en la que estamos ya totalmente inmersos, y que se encuentra necesitada de un nuevo actor principal a la par de los que se han ido exponiendo en este texto. Las empresas proveedoras de recursos para la edificación deben facilitar con sus medios, su inversión, su técnica y sobre todo sus conocimientos, una transición práctica y sencilla del sector de la edificación en su conjunto hacia el objetivo de los edificios de consumo casi nulo (ECCN). En el capítulo particular de la envolvente ciega, en gran medida responsable de la demanda energética final, ya existen opciones y actores capaces de cumplir con todo lo solicitado en estas líneas, y además con probada experiencia de años y muchos metros cuadrados construidos.

Entre otras soluciones, permítanme les presente un sistema constructivo completo desarrollado a partir de un material de construcción único, nacido por el año 1923, con una cuota de mercado del 60% en Alemania y 40% en UK, con más de 3.500 plantas en el mundo, único tanto por su composición básica, natural y sostenible, fabricación austera y económica, práctica comercialización y distribución, como por supuesto por sus altas capacidades técnicas multifuncionales, entre otras, y por su total apuesta por la formación y seguimiento a pie de obra para la consecución de un ECCN de una forma sencilla y práctica, para todos: El hormigón celular curado en autoclave (AAC).

AGRADECIMIENTOS

A D. Mariano de Diego Rivas, por hacerme creer con hechos, que todo lo expuesto en estas líneas es posible; a D. Antonio Mediavilla y D. Joaquín Real Teruel, por enseñarme la técnica y la forma de llegar a los que realmente se ensucian las manos; y a D. Juan Irastorza, Director Comercial de Xella en España, por darme la oportunidad de redactar estas líneas, pero sobre todo por hacerme entender que negocio y valores personales pueden cohabitar en la misma empresa.

REFERENCIAS

- https://www.transparencymarketresearch.com/autoclaved-aerated-concrete-market.html
- https://www.ytong.es/es/docs/Guia_Tecnica_Ytong_2018.pdf
- https://www.ytong.es

INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN VIVIENDAS DE BOGOTÁ, COLOMBIA

Sergio Ballén Zamora, Docente investigador, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca
Martín Perea Duque, Docente investigador, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca
Adriana Serrano Santiago, Docente investigadora, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca
Óscar Maurico García, Investigador, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca
Carolina Camargo Garcia, Investigadora, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Resumen: Existe una falta de claridad técnica y normativa para implementar energías renovables en edificaciones de vivienda en Colombia, por tanto, este trabajo tiene como objetivo desarrollar una metodología de identificación y evaluación de la viabilidad de generación de energía por fuentes no convencionales aplicado en viviendas de Bogotá como estrategia de eficiencia energética y que apunte hacia la aplicación de edificios de consumo de energía casi nula en el país. Para ello se identifica el marco normativo, evaluación de incentivos y caracterizar los proyectos de vivienda que se han desarrollado en la ciudad de acuerdo con las condiciones normativas, climáticas y del entorno, y su relevancia como una de las regiones más pobladas.

Palabras clave: Bogotá, Viviendas, Energías Renovables, Eficiencia Energética

INTRODUCCIÓN

Según la Unidad de Planeación Minero Energética UPME (2015), "la dependencia mundial en el petróleo, el carbón, el gas natural y aun en los combustibles nucleares, como recursos fósiles disponibles en grandes cantidades pero finitas, las coyunturas económicas y geopolíticas asociadas, con su distribución geográfica y su dominio, han generado en muchos países la necesidad de iniciar una transición hacia el uso de recursos energéticos de carácter renovable, que a su vez contribuyan a la reducción de emisiones de efecto invernadero y a la mitigación del cambio climático que viene experimentando el planeta".

Se denomina energía renovable a la energía que proviene de fuentes no convencionales y naturales virtualmente inagotables, ya que contienen una gran cantidad de energía o porque son capaces de regenerarse por medios naturales y con una reducida generación de impactos ambientales.

Las diferentes fuentes de energía, se puede clasificar dos grandes grupos: energías no renovables o convencionales y energías renovables o alternativas o no convencionales (vale la pena mencionar que la hidroeléctrica se considera como renovable convencional). Las energías no renovables se denominan como contaminantes pues se agotan sin poder renovarse y sus reservas son limitadas, además de las consecuencias ambientales y económicas por su extracción y alta demanda. Por su parte, las energías renovables son denominadas como limpias porque se obtienen de fuentes naturales inagotables o de capacidad de regeneración natural, sin grandes impactos ambientales (existe algo de debate al respecto), y al ser no convencionales requieren de cierta reconversión frente a la cadena de distribución de energía tradicional.

Un estudio realizado por la Universidad Jorge Tadeo Lozano y la UPME plantea que en el año 2030 Colombia debe consumir un 30% de energías limpias o renovables no convencionales y 70% de las fuentes tradicionales (hidroeléctrica y térmica). En 2014, la generación eléctrica del sistema interconectado provenia en un 70% por hidroeléctricas, 30% por plantas térmicas fósiles, frente a un 0.6% por renovables no convencionales (UPME, 2015).

BOGOTÁ

Bogotá es la capital de la República de Colombia, ubicada en el departamento de Cundinamarca en el centro del país, como se aprecia en la Figura 1. En ella se concentra el 17% de la población total de la nación, es considerada como una ciudad en vía de desarrollo y de alta densidad teniendo en cuenta la población total de 8.181.047 de habitantes y una densidad de 5184,44 hab/km² según proyecciones del 2005 realizada por el Departamento Nacional de Estadistica (DANE, 2005). Se constituye en el principal centro geográfico, político, industrial, económico y cultural del país, con un área de 1587 Kms² aproximadamente, por lo que también tiene la mayor demanda energética del país así como la información catastral más completa.

Los proyectos de vivienda en Bogotá se caracterizan por mantener una tipología similar en su número de habitaciones, sus áreas, son unidades en conjunto cerrado con zonas verdes, áreas sociales y parqueadero. Los proyectos multifamiliares nuevos tienen áreas de apartamento de alrededor de 60 m2, estratificación socio económica de 4 (sobre 6) y el valor del m2 promedio es de $3.700.000 COP (1047 Euros); se asume un área de la cubierta de aproximadamente 300 m2 por edificio.

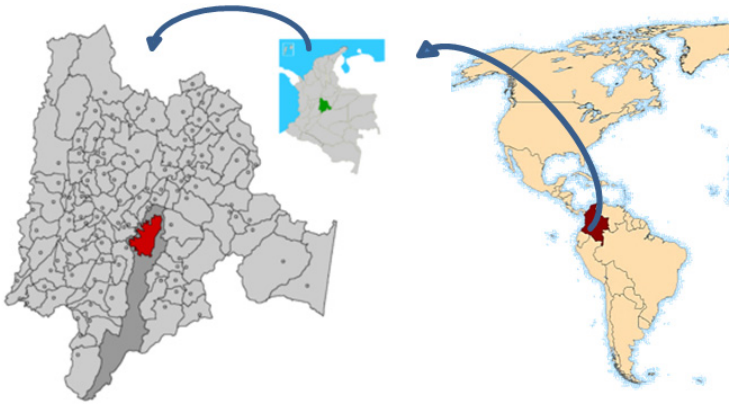


Figura 1. Ubicación geográfica de Bogotá.

Caracterización climatológica

El desarrollo poblacional que se ha presentado en la ciudad en las últimas décadas ha modificado el perímetro urbano disminuyendo considerablemente el área de zonas verdes y humedales de la ciudad, y generando cambios en los comportamientos de las diferentes variables del clima. Lo anterior, implica un cambio directo en las variables meteorológicas, como es el caso de los regimenes de carácter térmico, dinámico y del componente hídrico en la ciudad (IDEAM, 2007). Con elevaciones entre 2500 y 2800 msnm, la temperatura media anual oscila entre 12 y 15°C para el área urbana, la cual es constante a través del año y por lo general no se usa ningún sistema de climatización.

Según la clasificación climática de la normativa Res. 549/15 sobre ahorro de agua y energía en edificaciones, Bogotá al tener un clima frío, requiere maximizar los efectos de la radiación solar aprovechando su trayectoria para calentar los espacios interiores, orientar los edificios en sentido norte – sur para aumentar su exposición a la radiación solar y evitar el ingreso de ventilación de altas velocidades al interior manteniendo suficientes renovaciones de aire en los espacios (mínima ventilación), y maximizar el aislamiento térmico para evitar el enfriamiento nocturno.

Velocidad del viento

Bogotá registra un rango menor o igual a 1.5 m/seg a lo largo del año; sin embargo, desde las 7 hasta las 10 de la mañana, la velocidad en todos los meses aumenta hasta 2.8 m/seg. Entre los meses de junio y agosto se experimenta un aumento de la velocidad desde las 7 am hasta las 12 pm, con valores superiores a 1.5 e inferiores a 3.8 m/seg. Para evaluar el aprovechamiento del potencial energético del viento, se verifica el valor de velocidad del viento en la que el vector fluye con mayor cantidad de energía cinética en un lugar y tiempo determinado, cuyo valor es representativo en el área urbana, llegando hasta 5 m/seg, como se observa en la Figura 2.

Radiación global y Brillo solar

Los mayores valores se presentan en los meses de diciembre, enero, febrero, julio y agosto; y los menores valores durante los meses de las temporadas lluviosas como abril, mayo, junio, octubre y noviembre. Los registros más altos se localizan en los sectores sur-occidental con 202 horas de sol en enero y 182 en diciembre, y al occidente (cerca del Aeropuerto El Dorado), con 190 y 159 horas de sol para los meses de enero y diciembre respectivamente.

La mayor alta radiación solar en Bogotá se presenta en los meses de enero (402 cal/cm^2), febrero (372 cal/cm^2), marzo (377 cal/cm^2) y diciembre (370 cal/cm^2), con incidencia solar; los mínimos se observan en los meses de mayo (304 cal/cm^2) y junio (314 cal/cm^2) (IDEAM, 2007). Según el mapa de radiación solar oficial, el centro urbano tiene una radiación solar promedio entre 4.0 y 4.5 Kwh/m2, lo cual plantea posibilidades para la implementación de paneles fotovoltaicos en techos urbanos.

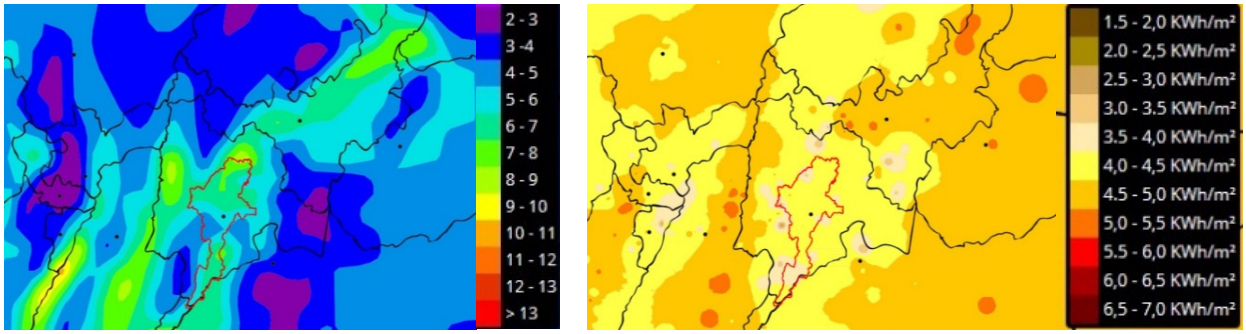


Figura 2. Velocidad viento máxima energía (m/seg) y Radiacion global horizontal. Fuente: Elaboración propia con base en http://atlas.ideam.gov.co/.

ENERGÍAS RENOVABLES EN COLOMBIA

Hasta hace unos años, Colombia tenía una capacidad instalada de energía renovable de 28,1 MW (excluyendo grandes plantas hidroeléctricas) que consistía principalmente en energía eólica. Recientemente, se han construido o estan en construcción diversos sistemas de generación de energía de gran escala, en orden: solar, biomasa, pequeña hidroeléctrica y eólica (principalmente granjas solares y parques eólicos) que suman una capacidad estimada de más de 1.240 MW (UPME, 2015). Los proyectos se concentran en la Guajira (925 MW), Cesar (100 MW), Santander (80 MW) y Valle del Cauca (67,79 MW), entre otras (Portafolio, 2018).

Si bien, al parecer no existen proyectos que incorporen energías renovables en proyectos de vivienda en Bogotá, en Colombia existen algunos muy recientes en Medellín y Valledupar que incluyen paneles fotovoltaicos sin pasar aún por un estudio comparativo y evaluativo post instalación, pero se prevé que esta tendencia aumentará por los incentivos del gobierno y la masificación de estas tecnologías apoyadas por la cantidad de plantas de generación en construcción.

Marco normativo

En la Figura 3 se presenta un esquema de la normatividad colombiana en materia de generación y uso de las energías renovables. A partir de la Ley 1715 de 2014 se introduce la posibilidad de entregar excedentes de la generación de energía a la red, representando ahorros o eventualmente ingresos al usuario y manejando un esquema de créditos para sistemas de autogeneración, lo cual hace económicamente más atractiva esta inversión, asi como mecanismos de financiamiento, divulgación e incentivos fiscales. No obstante, es hasta el Decreto 348 de 2017 y la Resolución CREG 30 del 30 de febrero de 2018 que se establecen los lineamientos y se regulan las actividades de autogeneración de energía a pequeña escala, menor o igual a 100 kW, así como la entrega o remuneración de excedentes a través de un medidor bidireccional.

Adicionalmente, en el último año, el gobierno ha instaurado una serie de documentos del Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes) que se constituyen en la ruta de navegación en políticas nacionales; entre ellos, los mas relevantes para este trabajo son los documentos Conpes 3934 sobre crecimiento verde, 3918 sobre implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Colombia y 3919 sobre edificaciones sostenibles. Los Conpes 3919 y 3918 plantean metas asociadas a la movilización de recursos al año 2030 para aumentar la inversión en infraestructura, la cooperación internacional, la investigaciòn y tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables; en cuanto edificaciones, se están impulsando medidas de aumento de la generación de energía limpia según lo dispuesto en la Ley 1715 de 2014, encontrando que el potencial de ahorro en la utilizaciòn de energías alternativas en sedes de entidades del Gobierno es del 2.7%.

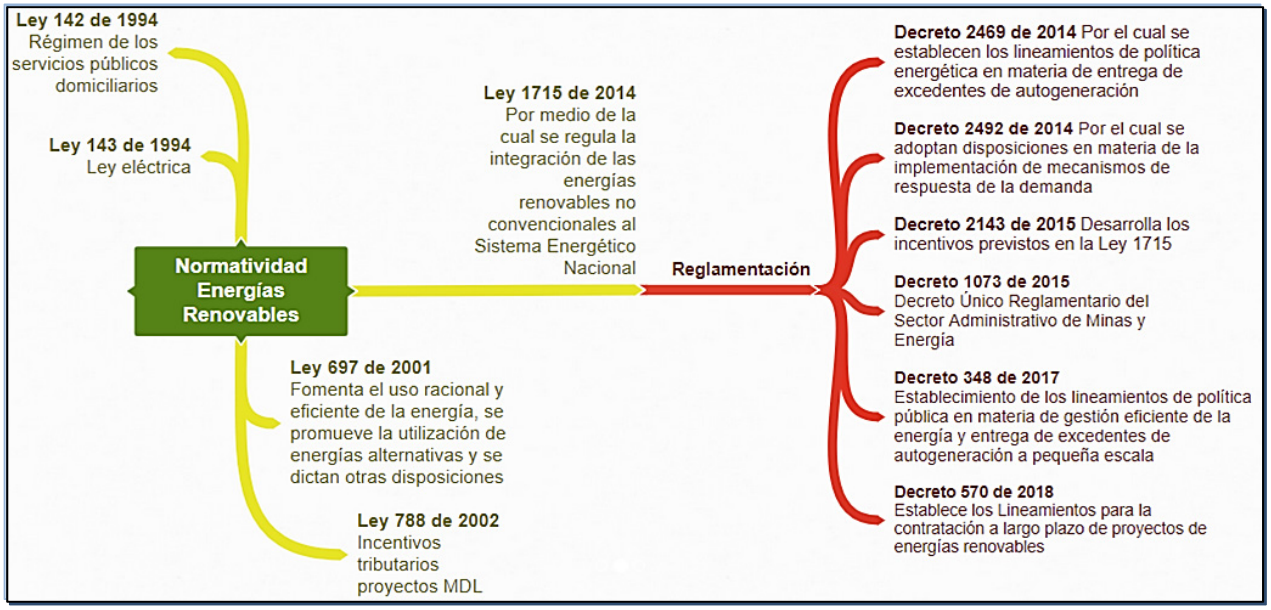


Figura 3. Resumen normativo colombiano en energías renovables. Fuente: http://www.ser-colombia.org/index.php/energias-renovables/normatividad.

El Conpes 3934 de política de crecimiento verde, establece con más detalle un panorama de implementación y de potencial estimado de las renovables, de las cuales, la solar tiene 1.886 MW, el eólico en la costa norte del país 20.000 MW, la biomasa (entre residuos agrícolas y pecuarios) 151.098 TJ/año, y la Geotermia entre 1.000 y 2.000 MW; de estos sistemas se contempla una capacidad efectiva neta de generación por eólica (18 MW), energía solar (10 MW), el bagazo (113 MW) e incuyen a las pequeñas centrales hidroeléctricas (216 MW). Fruto de ese diagnóstico se instauran varias líneas de acción, de las cuales son de interés la 10 y 11 sobre "Promoción de la inversión en proyectos de generación con FNCER" y "Fomento a la integración de las FNCER al mercado de energía".

APLICACIÓN EN EDIFICIOS DE VIVIENDA

En la actualidad, las tecnologías comunes de energía renovable que tienen aplicación en viviendas son la solar térmica con los colectores solares, la solar eléctrica con paneles fotovoltaicos (FV, sin duda la más aplicada), la biomasa con calderas de reacción exotérmica, la geotermia con conductores subterráneos y la mini eólica con pequeños aerogeneradores. Así mismo, la autogeneración de energía se divide principalmente en eléctrica y térmica (calefacción/refrigeración), las cuales sirven esencialmente para climatizar los espacios y como suministro eléctrico.

En el análisis de incorporación de energías renovables autónomas en la edificación, el International Renewable Energy Agency (IRENA, 2016) analiza su posible articulación en distritos térmicos y divide sus aplicaciones o usos con una o más tecnologías asociadas: calefacción, refrigeración, cocción y producción de electricidad. Si bien, la práctica general es incorporar uno o dos sistemas en edificaciones, este análisis permite pensar en una tecnología específica de energía renovable que mejor se acople a ciertos usos de una vivienda o edificación (Tabla I) y plantear mecanismos para independizar el consumo de energía en la cocina, al usar hornos alimentados con biocombustibles o biomasa.

En Colombia el aumento de la capacidad de sistemas solares FV se ha incrementado a 11,5 MWp en 2015, es decir, un 30% (frente a un 55% global) en aproximadamente en 5 años dadas sus características como modularidad, su fuente inagotable como es el sol, su facilidad en la instalación y una tendencia a la baja de los costos debido a los avances de la tecnología. Por ello, se realizó un cálculo aproximado de la potencialidad de la energía solar FV en Bogotá (replicado a todo el país), a partir del 40% del cálculo de áreas en m2 de los techos residenciales, además de estratificación, tipología unifamiliar y ocupación por propietarios, donde el potencial técnico era de 282 MWp (UPME, 2015).

Hace unos años las proyecciones dependían de dos escenarios, el primero de la reglamentación del esquema de medición y el segundo de un esquema de facturación, los cuales ya están siendo superados con las normativas

recientes. Si bien los costos del sistema dependen de la tecnología (panel monocristalino o policristalino), si es certificado y su procedencia, actualmente es fácil encontrar paneles fotovoltaicos de amplia demanda, cuyo costo promedio de uno de 150w está en $330.000 COP (93 Euros), un inversor de 300w en $500.000 COP (141 Euros), el regulador de 20 amp $110.000 COP (31 Euros) y un medidor bidireccional en $800.000 COP (226 Euros).

Cooking		Electricity		Cooling		Space and wáter heating			
Improved cook-stoves using bioenergy	Electric cooking	Building integrated PV	Rooftop solar PV	Solar cooling	District cooling	Heat pumps	Solar thermal	De-centralised boilers	District heating

Tabla I. Incorporación de renovables en la edificación. Fuente: Irena, 2016.

La biomasa tiene ya una alta presencia en el sector industrial colombiano, que es todo lo contrario frente al sector residencial, con un aumento previsto del 16,7% al año 2030 gracias a sus costos constantes respecto a los combustibles convencionales fósiles. Una de las mejores opciones es el aprovechamiento de residuos agrícolas, especialmente los provenientes de la palma de aceite y de la caña de azúcar (Colombia es el séptimo en el mundo), cuyo bagazo tiene amplios estudios de transformación en bioetanol y energía; a pesar de ello no existen ejemplos de aplicación en el sector residencial.

Igualmente, la mini eólica no tiene aplicaciones en prácticamente ningún sector en Colombia, lo cual se asocia a los costos y la desconfianza hacia tecnologías no probadas localmente, a pesar de que varias regiones del país cuentan con buenas velocidades de viento. Existen muy pocos distribuidores, por lo que la adquisión de una turbina de esta escala se hace a través importadores no especializados, donde encontramos ejemplos de 400w y 1.5m de diámetro en los álabes cuyo costo promedio es de $950.000 COP (968 Euros).

APARATOS / FOCOS	No. APARATOS	POTENCIA EN watts	HORAS USO dia	CONSUMO KW/dia	CONSUMO KW/mes	CONSUMO KW/año	COSTO MES $ 494,12	COSTO AÑO $ 494,12
VIVIENDA TIPO				**10,41**	**312,18**	**3746,16**	**$ 154.254**	**$ 1.851.053**
BOMBILLO AHORRADOR	9	15,0	2,20	0,30	8,91	106,92	4402,61	52831,31
LAMPARA INCRUSTADA 60*60	1	68,0	0,50	0,03	1,02	12,24	504,00	6048,03
LAMPARA BOMBILLO MOVIL	5	100,0	0,60	0,30	9,00	108,00	4447,08	53364,96
PLANCHA ROPA	1	1.000,0	0,10	0,10	3,00	36,00	1482,36	17788,32
HORNO ESTUFA	1	3.300,0	0,20	0,66	19,80	237,60	9783,58	117402,91
OLLA ARROCERA	1	600,0	0,10	0,06	1,80	21,60	889,42	10672,99
DUCHA ELECTRICA	2	1.500,0	0,10	0,30	9,00	108,00	4447,08	53364,96
CAFETERA	1	900,0	0,10	0,09	2,70	32,40	1334,12	16009,49
SECADOR DE PELO	1	1.500,0	0,10	0,15	4,50	54,00	2223,54	26682,48
TELEVISOR 20"	2	150,0	3,00	0,90	27,00	324,00	13341,24	160094,88
HORNO MICROHONDAS	1	1.100,0	0,20	0,22	6,60	79,20	3261,19	39134,30
COMPUTADOR	1	140,0	3,00	0,42	12,60	151,20	6225,91	74710,94
CONSOLA VIDEOJUEGOS	1	36,0	1,00	0,04	1,08	12,96	533,65	6403,80
CARGADOR CELULAR	4	12,0	8,00	0,38	11,52	138,24	5692,26	68307,15
NEVERA	1	265,0	24,00	6,36	190,80	2289,60	94278,10	1131337,15
LAVADORA	1	750,0	0,10	0,08	2,25	27,00	1111,77	13341,24
LICUADORA	1	400,0	0,05	0,02	0,60	7,20	296,47	3557,66

Tabla II. Total de consumo de energía y costo de electrodomésticos y vivienda. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se recopiló la información de consumo de energía de los electrodomésticos más comunes en una vivienda de apartamento tipo de acuerdo a las horas de uso al día. Los valores de consumo total de la vivienda son de 312,18 kw al mes que tienen un valor de $154.254 COP teniendo como base un valor de $494,12 COP por kw. Esta información (Tabla II) permite el pre-dimensionamiento y la valoración de un sistema de energía renovable acorde con las necesidades tanto de cada apartamento como de un edificio o conjunto de ellos, y posteriormente evaluar su contribución en la generación de energía, la posibilidad de distritos térmicos, el impacto ambiental y si cumple con estándares de consumo de energía casi nulo.

CONCLUSIONES

- En Bogotá se han registrado velocidades del viento de máxima energía entre 6 a 7 m/s, sin embargo, no es recomendable instalar energía eólica por la alta rugosidad a bajas alturas que disminuye las velocidades, los costos asociados, y además la mini eólica aún no tiene presencia en el mercado colombiano.
- La generación de energía por biomasa es recomendable en muchas zonas del país pero no en Bogotá, debido a que no se van a generar residuos agrícolas en el edificio ni en sus cercanías para su aprovechamiento; habría que considerar la posibilidad de usar otro tipo de combustible y el aprovechamiento de residuos en las zonas rurales próximas a la ciudad, los cuales tendrían que ser acopiados y transportados al proyecto residencial. Es necesario hacer una evaluación más detallada para saber los volúmenes de estos residuos, su calidad de poder calorífico y un espacio en la edificación para albergar la caldera, cuyas dimensiones varían en razón de la potencia generada, el rendimiento y el contenedor de almacenamiento. Por otro lado, no se tiene evidencia de casos o ejemplos de aplicación eléctrica de esta escala en Colombia.
- La opción más probable es la energía solar con paneles fotovoltaicos, debido a que Bogotá cuenta con una irradiación global horizontal entre 4.0 y 4.5 KWh/m²/día, lo que la ubica en un rango medio de aprovechamiento respecto a otras ciudades y un brillo solar de aproximadamente de 3,9 h/d; la incorporación de este sistema dependerá de la potencia de los paneles fotovoltaicos, la cantidad que se puedan disponer en la cubierta del edificio y la amortización de la inversión.
- El IRENA ha desarrollado una clasificación de acuerdo con el potencial de desarrollo y la densidad demográfica; teniendo en cuenta que Bogotá es una ciudad de alta densidad, su mayor potencial se encuentra en el transporte público eléctrico, cocinas con bioenergía y el desarrollo de distritos térmicos centralizados para calefacción y aire acondicionado.
- La cubierta del edificio y su orientación se convierte en el elemento arquitectónico que determina el uso de FV y mini eólica en el edificio. Por otro lado, la biomasa esta determinada por un espacio proyectado para ese fin.
- A partir del ejecicio de demanda de energía por vivienda, y que un edificio de vivienda colectiva de 12 pisos cuenta con aproximadamente 48 apartamentos (4 por piso), el consumo del edificio es de 14984,64 kw/mes, lo cual es difícil de cubrir casi con cualquier sistema de energía renovable, además, el área de la cubierta es escasa. La opción más viable sería identificar la demanda de energía en zonas comunes y su posible abastecimiento.

REFERENCIAS

- Departamento Nacional de Planeación, 2018. Documento CONPES 3934, Política de Crecimiento Verde. Consejo Nacional de Política Económica y Social. República de Colombia
- IDEAM, 2007. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo.
- IRENA, 2016. International Renewable Energy Agency. Renewable Energy in Cities. Abu Dhabi. www.irena.org
- UPME, 2015. Unidad de Planeación Minero Energética. Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. Convenio ATN/FM-12825-CO
- DANE, 2005. Departamento Nacional de Estadistica. http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/ProyeccionMunicipios2005_2020.xls
- Portafolio.com, 2018. Los proyectos de energía renovable que piden pista. marzo 27 de 2018. http://www.portafolio.co/economia/los-proyectos-de-energia-renovable-que-piden-pista-515628 <Consulta: 20 de abril de 2018>
- http://www.ser-colombia.org/index.php/energias-renovables/normatividad (17 julio 2018)

DECLARACIONES AMBIENTALES DE PRODUCTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN: UNA INICIATIVA SECTORIAL DE ANDECE PARA CONTRIBUIR AL OBJETIVO DE LOS EECN

Alejandro López Vidal, Director Técnico, ANDECE (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón)

Resumen: Los requisitos que deben satisfacer los EECN se concentran en su diseño, construcción y operación. Sin embargo, no se atiende igual a la incidencia que provocan los materiales de construcción con que se construyen. ANDECE, como asociación española de los fabricantes de prefabricados de hormigón, ha realizado 6 DAP sectoriales a fin de encaminar a las empresas ante la creciente imposición de criterios de construcción sostenible, que establecen la eficiencia energética como la categoría más importante en la evaluación; y conocer el estado actual de los impactos ambientales medios, a fin de establecer mejoras dentro de las plantas de prefabricados, especialmente en lo relativo a la optimización de consumos energéticos y de materiales.

Palabras clave: DAP, Sostenibilidad, ACV, Prefabricados, Hormigón

CONCEPTOS SOBRE DAP Y ACV

Los materiales de construcción juegan un papel crucial en el comportamiento energético de los edificios, así como en la salud de sus ocupantes y en los impactos ambientales que conllevan.

A medida que ha ido incrementándose la conciencia ambiental en la sociedad, las empresas se han dado cuenta de la enorme importancia de evaluar cómo afectan sus actividades al medio ambiente. Ante esta creciente demanda, las empresas deben responder ofreciendo productos más ecológicos, empleando procesos de producción “más limpios". Una de las herramientas que se pueden aplicar para mejorar los productos y los procesos es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), siendo el soporte de las declaraciones ambientales de producto (DAP).

Se define Ciclo de Vida (CV) como el conjunto de etapas de un producto, desde la extracción y procesamiento de las materias primas, la producción, comercialización, transporte, uso y mantenimiento, hasta la gestión final cuando llega al fin de su vida útil. La suma de todas las entradas de materia y energía (*inputs*) y salidas de residuos y emisiones (*outputs*) constituye el impacto ambiental del producto. Por su parte, el ACV es una metodología para evaluar los aspectos ambientales y los impactos ambientales potenciales asociados a un producto, proceso o servicio, con el cual se puede desarrollar una DAP.

Una DAP plasma en un documento los resultados de esa evaluación ambiental objetiva. El contenido de esa DAP y los detalles de lo que hay que considerar en el estudio de ACV correspondiente vendrá definido en una norma, en el caso de los elementos prefabricados de hormigón la UNE-EN 16757:2018 [1], que a su vez se referencia en la norma europea marco UNE-EN 15804:2012+A1:2014 [2], que establece unas reglas de categoría de producto (RCP) comunes para el sector de la construcción. De esta forma, la DAP proporciona un perfil ambiental basado en datos cuantificados y verificables, empleando una serie de categorías de impacto normalizadas, como son los parámetros que describen los impactos ambientales (potencial de calentamiento global, potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico, potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua, etc.), los parámetros que describen el uso de recursos (uso de energía primaria renovable y no renovable, uso de materiales secundarios, uso neto de recursos de agua dulce, etc.), los parámetros que describen las categorías de residuos (residuos peligrosos eliminados, residuos no peligrosos eliminados, residuos radiactivos eliminados, etc.) y los parámetros que describen otros flujos de salida (componentes para su reutilización, materiales para el reciclaje, materiales para valorización energética, etc.)

FINALIDAD DE LAS DAP [3]

El hecho de que un producto disponga de una DAP no implica necesariamente que sea medioambientalmente mejor que otro que no lo tenga, pero sí la información que se obtenga como elemento imprescindible para mejorar el comportamiento ambiental (por ejemplo, identificar puntos de mejora para reducir el consumo eléctrico o de agua asociado, sin menoscabo de sus prestaciones).

Esta información puede proporcionar al fabricante un factor diferenciador frente a su competencia, no sólo a nivel de imagen corporativa, sino también al poder ofertar en obras que se certifiquen bajo sistemas de evaluación ambiental

(LEED, BREEAM, etc.) que bonifican la obtención de créditos por la utilización de productos con DAP. También comienza a observarse una mayor sensibilización en la obra pública, pudiendo el componente medioambiental y/o social ser un criterio que valorar en la contratación, como será el caso del futuro Código Estructural que sustituirá a la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, que incluye la tenencia de una DAP como aspecto a bonificar. Además, proporciona respuesta a una de las novedades que introdujo el Reglamento Europeo de Productos de Construcción, referencia para el marcado CE y en vigor desde 2013, que añade la posibilidad de que los productos de construcción dispongan de una DAP.

En este contexto de creciente imposición de requisitos de sostenibilidad en la construcción, las DAP se presentan como una de las grandes herramientas para valorar la carga ambiental de los productos de construcción. Como consecuencia de todo esto, países como Francia, Bélgica u Holanda disponen o lo harán de forma inminente de requisitos legales que incentiven el desarrollo de DAP. Sólo en Europa se estima que hay más de 2.000 DAP de productos de construcción.

LA INICIATIVA DE ANDECE

Las DAP sectoriales pueden resultar útiles cuando diferentes empresas fabricantes del mismo tipo de producto se agrupan para recopilar en conjunto los datos del inventario de ciclo de vida del producto y mostrar la información "media" de los resultados como representativos.

ANDECE, como asociación que representa a la industria española de los prefabricados de hormigón desde hace más de medio siglo, tiene entre sus objetivos principales el liderar los avances tecnológicos del sector y observar las tendencias hacia las que se dirige el mercado de la construcción. A principios de 2017, la Asociación decidió llevar a cabo uno de los proyectos más ambiciosos realizados hasta la fecha: el desarrollo de 6 DAP, cada una de las cuales referidas a categorías de producto que fueran fácilmente agrupables, siendo éstas, estructuras, forjados, fachadas, canalizaciones, elementos ligeros huecos y pavimentos, cubriendo así una parte importante de la amplia diversidad de elementos constructivos a que se aplican los productos prefabricados de hormigón.

Con esta iniciativa se perseguía un triple objetivo:

1. Obtener una imagen actual del comportamiento ambiental de los procesos productivos de las empresas asociadas, resultando una información que reflejar en una primera colección de DAP´s sectoriales que los fabricantes puedan emplear y atender ante la creciente demanda de estos documentos;
2. Introducir a las empresas en un nuevo escenario donde las exigencias en materia medioambiental irán incrementándose paulatinamente;
3. Y especialmente, que sirva de punto de arranque para que las empresas decidan de forma individual la realización de medidas de mejora, como por ejemplo, optimización de recursos, eficiencia energética, instalaciones más eficientes, etc. con que ir avanzando en el comportamiento global de las empresas en particular, y la industria del prefabricado en su conjunto.

Para la realización de este proyecto, se encargó el trabajo a la consultora ambiental ABALEO S.L., especializada en ACV y obtención de DAP, bajo la supervisión del Departamento Técnico de ANDECE. Inicialmente se realizaron diversas visitas a fábrica para conocer de primera mano los distintos productos, sus procesos productivos, la toma de medidas in situ sobre consumos de energía y materiales, etc. También se llevaron a cabo varias reuniones informativas con los fabricantes a fin de buscar la máxima implicación, de forma que se lograse la máxima participación posible y así lograr la representatividad suficiente del estudio. En junio de 2017 se comenzaron a enviar los primeros cuestionarios a los fabricantes, quienes tenían inicialmente que identificar en cada caso los productos que fabricaban de cada categoría, y aportar datos relativos a 2016, como consumos de energía y agua, materias primas utilizadas, residuos generados, etc. Finalizada esta etapa de recabar la información, en la que más de 50 empresas aportaron los datos requeridos, ABALEO se encargó de su procesamiento con la ayuda del software SIMAPRO y fuentes de datos ambientales de reconocida solvencia, con lo que se desarrollaron las 6 DAP, que incluyen como información más relevante las tablas de cada categoría de impacto [4].

PARÁMETRO	UNIDAD	ETAPA DE PRODUCTO			
		A1	A2	A3	A1-A3
Uso de energía primaria renovable excluyendo los recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima (MJ)	Mj valor calorífico neto	3,32E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,32E+01
Uso de energía primaria renovable utilizada como materia prima (MJ)	Mj valor calorífico neto	3,80E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,80E+01
Uso total de la energía primaria renovable (energía primaria y recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima)	Mj valor calorífico neto	7,12E+01	0,00E+00	0,00E+00	7,12E+01
Uso de energía primaria no renovable, excluyendo los recursos de energía primaria no renovable utilizada como materia prima (MJ)	Mj valor calorífico neto	8,78E+02	0,00E+00	0,00E+00	8,78E+02
Uso de la energía primaria no renovable utilizada como materia prima (MJ)	Mj valor calorífico neto	3,09E+02	0,00E+00	0,00E+00	3,09E+02
Uso total de la energía primaria no renovable (energía primaria y recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima)	Mj valor calorífico neto	1,19E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,19E+03
Uso de combustibles secundarios renovables (MJ)	Mj valor calorífico neto	2,24E+01	1,47E+00	7,91E+00	3,17E+01
Uso de combustibles secundarios no renovables (MJ)	Mj valor calorífico neto	4,18E+01	4,80E+02	9,21E+01	6,13E+02
Uso de materiales secundarios (kg)	KG	4,17E+01	7,76E-02	5,14E-01	4,23E+01
Uso neto de recursos de agua dulce (m3)	m3	6,10E+01	2,80E-02	2,19E-02	6,10E+01

Tabla I. Parámetros que describen el uso de recursos de los paneles de hormigón armado. Fuente: Autodeclaraciones ambientales de fachadas: paneles de hormigón armado con acero y paneles de GRC.

LAS DAP Y SU VINCULACIÓN CON LOS EECN

En primer lugar, debe presentarse el periodo de análisis en que se ha concentrado este trabajo. Normalmente las DAP de productos de construcción únicamente analizan el llamado periodo de "cuna a puerta", es decir, del múdlo A1 hasta el módulo A3: A1 – obtención y preparación de materias primas; A2 – transporte a fábrica; y A3 – fabricación, no incluyendo el resto de las etapas del ciclo de vida Construcción (módulos A4 y A5), Uso (B1-B7) y Fin de Vida (C1-C4). Por otro lado, la eficiencia energética de un edificio se mide durante su etapa de uso (B1-B7) y más en particular en el módulo B6. Por tanto, no se puede asegurar que haya una vinculación directa entre la información resultante de esta y otras DAP referidas únicamente a su etapa de producción y los requisitos que establece un edificio de consumo de energía casi nula:

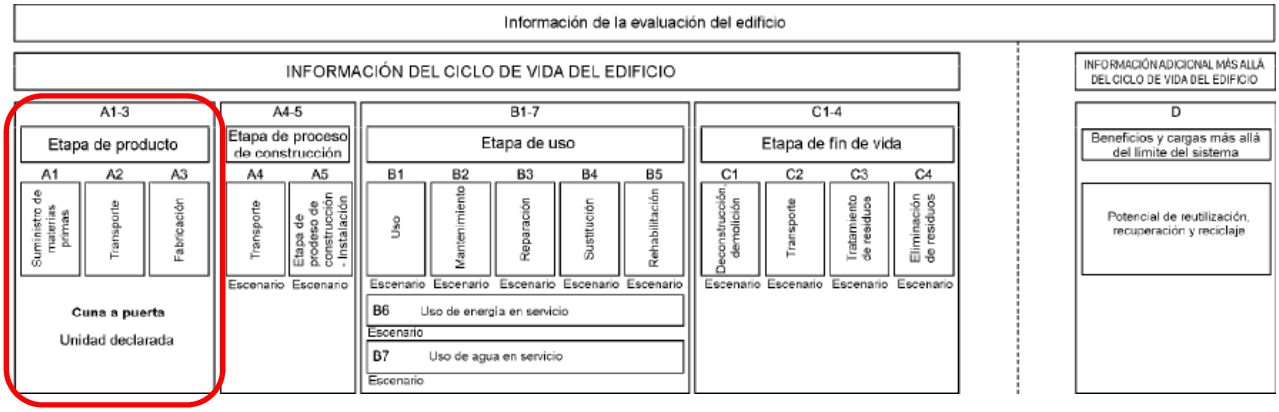


Figura 1. Módulos de información incluidos en la DAP.

Esto se puede explicar ya que los productos de construcción (por ejemplo, un panel prefabricado de hormigón) son componentes que quedarán integrados dentro de sistemas constructivos del edificio (por ejemplo, la fachada) y es sobre estos últimos sobre los que recae la comprobación de las exigencias (térmica, acústica, resistencia al fuego y, en este caso, el ACV completo). En el caso de los elementos prefabricados de hormigón, esto supone un ligero hándicap en la medida de que no se cuantifican así algunas de las características diferenciadoras como la mayor durabilidad, la inercia térmica o su potencial de reciclabilidad/reutilización al final de su vida útil, que se analizarían en el caso de abordar el ciclo de vida completo. Por tanto, cabe pensar que en próximos estudios sea recomendable hacer un análisis de ciclo de vida completo para poner en valor dichas ventajas atendiendo a su comportamiento medioambiental, lo que a su vez incluiría la más que probable contribución a la mejora del consumo de energía del edificio.

Otro aspecto que destacar debería ser la energía embebida de los materiales, que queda fuera del alcance de los requisitos a cumplir por los EECN. Esto puede implicar que productos con un ratio elevado de energía embebida (etapa de producto) sean por el contrario idóneos desde el punto de vista de los EECN (etapa de uso), y viceversa. Por tanto, en el futuro debería ampliarse el tratamiento analítico y reglamentario a cubrir, siempre que sea factible, el ciclo de vida completo del edificio y de sus componentes constructivos.

CONCLUSIONES

Las conclusiones de este proyecto son realmente positivas, en las que se ha podido constatar por un lado el grado de interés de las empresas asociadas por participar en este tipo de iniciativas que deben conducir a una mejora de su competitividad, y por otro, se ha logrado tener un conocimiento preciso de la vinculación que hay entre determinados aspectos de los procesos productos y sus impactos medioambientales, permitiendo así esbozar posibles elementos de mejora para los próximos años (instalaciones de reutilización de agua, mayor tasa de reciclado de materiales, suministro de energía eléctrica procedente de fuentes renovables, etc.) Respecto a su vinculación con los EECN, se observa que las DAP deben abordar el ciclo de vida completo, de forma que se determine la influencia de unos u otros factores de los elementos prefabricados de hormigón con el comportamiento energético que tendrán durante la etapa operacional del edificio.

Figura 2. Los paneles prefabricados de hormigón como elementos clave en las fachadas, tanto a nivel de eficiencia energética (elevada inercia térmica) como otras consideraciones medioambientales (nulos residuos, mayor velocidad de ejecución y menor consumo energético asociado).

REFERENCIAS

- http://www.andece.org/sostenibilidad-2/1011-desarrollo-obtencion-y-finalidad-de-las-declaraciones-ambientales-de-producto.html
- http://www.andece.org/sostenibilidad-2/1068-declaraciones-ambientales-de-producto-de-andece.html

[1] UNE-EN 16757:2018 “Sostenibilidad de las obras de construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de Categoría de Producto para hormigón y elementos de hormigón”

[2] UNE-EN 15804:2012+A1:2014 “Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de categoría de producto básicas para productos de construcción”

[3] Desarrollo, obtención y finalidad de las declaraciones ambientales de producto. ANDECE, 2017.

[4] ANDECE publica sus declaraciones ambientales (ADAP) sectoriales de elementos prefabricados de hormigón. ANDECE, 2018.

HACIA LA INDUSTRIALIZACIÓN TOTAL DE LA CONSTRUCCIÓN CON SISTEMAS MODULARES DE HORMIGÓN, COMO OPCIÓN IDÓNEA PARA LOGRAR EECN

Alejandro López Vidal, Director Técnico, ANDECE (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón)

Resumen: La industrialización se define como el porcentaje de sistemas constructivos que se elaboran en fábrica, un entorno mucho más seguro y eficiente que la obra. El hormigón, como material de construcción más universal, ofrece simultáneamente un mejor cumplimiento de los requisitos de los edificios, como resistencia al fuego, durabilidad o masa térmica. Uniendo ambos conceptos, los sistemas modulares de hormigón se presentan como una opción idónea para avanzar en el cumplimiento de los EECN, al optimizar energéticamente el ciclo de vida completo de los edificios: reducción de juntas, como puntos débiles; mayor inercia térmica, para amortiguar las oscilaciones térmicas interiores; menores residuos; o menores tareas de mantenimiento posteriores.

Palabras clave: Industrialización, Prefabricados, Sistemas Modulares, Hormigón

ANTECEDENTES Y CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN MODULAR

Desde que el arquitecto estadounidense Edward T. Potter registrase a finales del Siglo XIX la primera patente de edificio prefabricado mediante cajones apilables de hormigón, se estima que existen actualmente unas 1.300 patentes de construcción modular en hormigón en todo el mundo. Sin embargo, no ha sido hasta recientemente cuando esta metodología constructiva ha empezado a despegar, aceptándose por parte de arquitectos, constructores y, especialmente, los usuarios finales. Basada en la preconstrucción (o prefabricación) de los sistemas y siguiendo un patrón de diseño modular, se fundamenta en trasladar a la planta industrial el mayor número de tareas para minimizar las que se llevarían a cabo en la obra. La construcción modular aparece como una de las claves actuales para la industria de materiales, previendo que en los próximos cinco años más de la mitad de todos los proyectos del sector residencial utilizarán la construcción modular [1].

De las casas prefabricadas a la vivienda industrializada

Todavía hoy persiste cierta connotación de provisionalidad o baja calidad hacia el concepto “casa prefabricada”. Por ello, el concepto ha evolucionado al de vivienda industrializada, en la medida de que todo el proceso, desde el diseño inicial hasta la instalación definitiva, responden a un ciclo secuencial donde cada etapa está adecuadamente planificada y en que el cumplimiento de las geometrías es estricto para asegurar su colocación sin imprevistos.

El elemento básico es el módulo o celda tridimensional (3D), aunque por limitaciones de fabricación, transporte y/o instalación estos puedan ensamblarse en obra a partir de elementos más simples como pilares, vigas, pórticos (componentes lineales 1D) y/o forjados, paneles (componentes superficiales 2D), pero que en cualquiera de los casos siguen una configuración espacial modular.

	Sistemas 1D/2D	**Sistemas 3D**
Diseño	Básicamente igual, aunque en el primer caso los mecanismos de conexión entre componentes adquieren mayor importancia	
Fabricación	Pueden acometerla las mismas empresas que fabrican ya otros elementos prefabricados lineales y/o superficiales	Requiere de moldes especiales, pero que permiten hormigonar hasta las 6 caras
Transporte	Más sencillo al ser piezas más ligeras El transporte es más optimizable, ya que no hay volumen inerte como en los módulos	A mayor peso y volumen a transportar, requiere un estudio específico
Instalación	Mayor número de tareas a realizar en obra	Ejecución mucho más simple y rápida

Tabla I. Principales diferencias entre los sistemas modulares basados en elementos 1D y 2D frente a celdas 3D.

El criterio fundamental de diseño es que de la fábrica debe salir un sistema lo más acabado posible, buscando siempre dimensiones optimizadas, con las mínimas juntas y que facilite la máxima rapidez de montaje y una solidez constructiva del edificio resultante. El objetivo final pasa por conseguir conjuntos integrados que se conviertan en soluciones estandarizadas para optimizar los costes, pero sin que exista limitación de ciertos parámetros de personalización tanto

para el proyectista como para los clientes finales (acabados superficiales, dimensiones ajustables, distribución de juntas, equipamiento interior, etc.).

Aplicación en edificación residencial

Si bien la construcción modular puede ser aplicable en otras tipologías edificatorias (residencias de estudiantes, hoteles, centros de salud, colegios, edificios penitenciarios, etc.) cuya disposición espacial interior suele permitir una mayor repetitividad de los módulos, vamos a centrarnos en su aplicabilidad en la edificación residencial por ser la que más directamente está vinculada con los objetivos de los EECN:

Viviendas unifamiliares

Se trata de una tipología edificatoria en franca expansión, especialmente en países con potencial de crecimiento edificatorio. Las viviendas se realizan a partir de una serie de módulos que configuran los distintos espacios habitables (habitaciones, salón, etc. además de terrazas, huecos de ascensor, escaleras, distribuidores, etc.). Una de las grandes ventajas que ofrece es la posibilidad de proveer conexiones que permitan futuras ampliaciones, ya sea en planta o en altura, a medida que los propios usuarios puedan sufragarlas o haya necesidades espaciales en el futuro.

Edificios en altura

En los proyectos de edificios de varias plantas, las dificultades logísticas y de montaje son obviamente mayores, habiendo observado construcciones de un máximo de 12 alturas. No por ello se han dejado de hacer bloques de viviendas, e incluso para aumentar la altura de edificios ya construidos.

CONSTRUCCIÓN MODULAR EN HORMIGÓN Y SU EFICIENCIA ENERGÉTICA

Dentro de los distintos materiales de construcción (hormigón, acero, madera, aluminio, composites, etc.) que pueden conformar un módulo destinado a edificación, ya sea de forma exclusiva o combinada con otros, el que indudablemente asegura una respuesta más completa ante las distintas exigencias técnicas, funcionales y reglamentarias, es el hormigón, dado su buen comportamiento ante el fuego, su durabilidad, inocuidad, protección acústica y, desde el punto de vista energético, a su mayor masa térmica, que mejora el comportamiento energético de los edificios al permitir la amortiguación en la variación de las temperaturas y el desfase en el tiempo de la temperatura interior respecto a la exterior, con la consecuente reducción de consumo energético y de emisiones contaminantes [2].

Otro aspecto que se resalta de la edificación modular en hormigón es que estos sistemas constructivos dispongan ya, bien sea desde la propia fábrica o instalándose en obra, de sistemas de generación de energía renovable que mediante dispositivos domóticos, se activen/desactiven según las necesidades de demanda de energía de los usuarios, que en buena medida pueden depender de la contribución adicional de la inercia térmica de estos edificios cuyas paredes o forjados de hormigón pueden actuar como auténticas baterías que absorben/ceden calor según las necesidades.

PROYECCIÓN DE FUTURO Y ALGUNOS EJEMPLOS

Uno de los datos más reseñables que revelan la creciente aceptación de esta metodología constructiva, lo pone el hecho de que cada vez hay un mayor número de empresas que están apostando por esta línea de negocio, tanto a nivel de empresas fabricantes de prefabricados de hormigón que han creado una unidad específica de negocio, como incluso importantes empresas promotoras y constructoras [3] que encuentran aquí la respuesta a una necesidad clara de industrializar todo el proceso constructivo. En España se estima que hay ya en torno a 25 empresas que ofrecen esta tecnología en hormigón en edificación, siendo una cifra que sigue en aumento.

De todas las empresas que han patentado sistemas modulares en base hormigón, vamos a destacar dos ejemplos por ser los que, a nuestro juicio, más evolucionados están atendiendo a la vertiente energética y se basan en sistemas con el máximo grado de industrialización al ser módulos tridimensionales (tareas de obra reducidas hasta un 5% del total de procesos de una construcción convencional):

Bioclimática Modular Concept [4]

Esta empresa está dedicada a crear espacios bioclimáticos de alta eficiencia energética, sin superar los 15 KW/m2·año, buscando certificación Passivhaus, con un mínimo impacto medio ambiental y no eliminando zonas verdes. Consiste en un sistema patentado basado en marcos prefabricados de hormigón armado, elementos que se utilizan

fundamentalmente para la obra civil en la creación de espacios subterráneos. De esta forma, este sistema permite soterrarlos y utilizar la tierra como aislante principal, tanto en paredes como en cubiertas verdes, además de aprovechar la propia inercia térmica del prefabricado de hormigón. Las principales características del sistema y del proceso constructivo son las siguientes:

- Fabricación: en la elección de materiales de construcción respetuosos con el medio ambiente en todos sus aspectos, por ejemplo, mediante el empleo de cementos ecológicos.
- Transporte: se recurre al punto de fabricación o almacenaje más próximo a la ubicación del proyecto para proveerse de los marcos prefabricados, reduciendo así los impactos vinculados al transporte.
- Ejecución: la rapidez de ejecución viene dada por la reducción de tres procesos constructivos (cimentación, estructura y el cerramiento) en un solo movimiento; puesto que es una construcción en seco, no genera prácticamente residuos en obra.

Figura 1. Montaje de los módulos destinados a crear los apartamentos bioclimáticos pasivos del prototipo inicial.

- Diseño bioclimático y funcional:

1. Utilización de tierra como aislante térmico y acústico. Se ha demostrado según simulación energética que, al incorporar 30 cm de tierra como material aislante, la demanda de calefacción se reduce a la mitad y la demanda de refrigeración prácticamente se anula.
2. No eliminando espacios verdes en los proyectos.
3. Integrando cada proyecto en el entorno que lo rodea.
4. Utilización de energías renovables para climatización y ACS, empleando biomasa como combustible (balance de CO2 neutro).
5. Grandes superficies acristaladas y utilización de dispositivos Leds, contribuyen al ahorro energético en iluminación.
6. Mantenimiento de una temperatura interior constante entre 18 y 22º C durante todo el año, sin ayuda mecánica, evitando consumos innecesarios de energía por calefacción o refrigeración, con las emisiones de CO2 asociadas.
7. Incluso la empresa tiene como misión la concienciación de los futuros usuarios en el uso y mantenimiento de su vivienda respetando el medio ambiente.
8. Personalidad de los diseños de cada proyecto, con la utilización de líneas rectas de trazo simple, creando modelos modernos y atractivos. Cuenta con distintos modelos de distribución básicos, que combinan números de habitaciones con otras estancias (cocina, salón, baño/s, garaje), de 1 o 2 plantas, ya sea integradas en el terreno circundante o cubiertas en todo su contorno superior por una cubierta verde.

Figura 2. Exteriores del prototipo de dos apartamentos pareados de 40 m2, utilizando la tierra como aislamiento principal, creando una cubierta verde transitable, integrando el proyecto en el medio que lo rodea. Sin eliminar zonas verdes. Así como la utilización de renovables: placas híbridas cogeneradoras de fotovoltaica y ACS sanitaria. Intercambiador de aire.

Worldmetor [5]

La característica principal es el monolitismo estructural de cada módulo, consiguiendo aunar en un sólo elemento las partidas de estructura, forjados, cerramientos, albañilería y terminaciones en un sólo elemento que en la construcción tradicional se ejecutarían de forma independiente. Con este sistema sale de fábrica una vivienda totalmente terminada, dejando apenas alguna tarea sencilla de remate en la obra. Este procedimiento presenta un grado de industrialización máximo que aúna todas las ventajas que proporciona la edificación modular pesada.

Se basa en módulos cerrados de seis caras que aportan una gran robustez mecánica y que ofrecen la posibilidad de acoplarse unos a otros de forma horizontal y vertical para crear edificios de mayor envergadura. Cada módulo se produce en fábrica y se compone de la estructura, instalaciones, aislamiento, carpinterías y acabados.

- Las dimensiones de los modelos pueden variar de forma infinita, ya que el sistema se puede adaptar perfectamente a la geometría del terreno. Las medidas máximas vienen restringidas por el transporte y llegan hasta los 11.000 mm largo X 5.000 mm ancho X 4.000 mm alto. A esto hay que añadir que los ángulos de las caras del módulo pueden ser mayor o menor a 90º.
- Los cerramientos están compuestos por una hoja exterior de espesor mínimo 100 mm de hormigón armado y que puede incrementarse si los requisitos estructurales lo requieren, una capa de aislamiento térmico según las necesidades energéticas reglamentarias y una hoja interior de 50 mm de espesor de hormigón armado;
- El suelo, el techo y la tabiquería se componen de losas de hormigón armado de espesor variable, según cálculo;
- Se fabrica desde dentro hacia fuera, por lo que lo último es la estructura, lo que le otorga un aspecto diferencial que aporta perfección en el proceso.

Figura 3. Fabricación, instalación y edificio ya terminado, compuesto por varios módulos ya ensamblados.

Una vez fabricados los módulos en planta, se transportan en camiones hasta su ubicación definitiva y se instalan mediante grúas de gran tonelaje. Previamente a la ubicación, se ejecutan “in-situ” una solera de hormigón que servirá de cimentación para los módulos y la red de saneamiento y las arquetas para los distintos suministros. Las conexiones entre módulos de cada instalación se realizarán mediante cajas o arquetas.

Atendiendo a la eficiencia energética de los edificios construidos con módulos de Worldmetor, al ser elementos volumétricos que salen de la fábrica, conlleva una reducción drástica de las juntas y por tanto de los puentes térmicos, por lo que se asegura una mejora extraordinaria del comportamiento energético, logrando una calificación energética "B" de entrada sin medidas especiales de diseño más allá de incorporar de fábrica el espesor de aislamiento térmico que se determine por aplicación del DB-HE.

CONCLUSIONES: VENTAJAS DE LA CONSTRUCCIÓN MODULAR EN HORMIGÓN

Este concepto edificatorio aúna todas las ventajas de la industrialización, maximizadas por utilizar el hormigón como material base:

- Rapidez de ejecución y cumplimiento de plazos: la industrialización se basa en maximizar los elementos de fábrica, pudiendo llegar los módulos a la obra incorporando las instalaciones, solados, baños, la climatización, las carpintería interior y exterior, etc., además de estar menos tiempo expuesto a las variables condicionales climatológicas
- El control de calidad se hace en fábrica, mucho más fiable y riguroso que si se hace en obra
- Coordinación dimensional: este tipo de construcción exige asegurar una total precisión, impidiendo así correcciones posteriores en obra que ocasionan desviaciones en tiempo y coste
- Capacidad del hormigón (sistemas modulares pesados) frente a otros materiales (sistemas modulares ligeros): durabilidad, resistencia al fuego, mayor aislamiento acústico, ahorro energético (inercia térmica), mayor estabilidad y resistencia estructural (reducción de movimientos, deformaciones dinámicas y vibraciones, ideal para ubicaciones con riesgo sísmico)
- Mejor aseguramiento de los requisitos prestacionales (térmica, acústica, etc.), ya que vienen resueltos por una única empresa de fábrica, al contrario de lo que suele suceder en obra donde interactúan distintos agentes y en fases diferentes (ejecución más complicada, mayor riesgo de puentes térmicos o acústicos, etc.)
- Precio cerrado: control de costes
- Aprovechamiento máximo de los materiales: nula o mínima existencia de escombros, ejecución en seco, resultando un menor impacto ambiental
- Mayor seguridad laboral: la reducción de oficios elimina en gran medida los riesgos asociados; además, las plantas se van cerrando completamente según se avanza
- Requerimientos formales: hay empresas con una variedad de acabados, dimensiones, módulos adicionales (sótanos, formación de patios interiores, etc.) que permiten a los futuros usuarios (clientes) personalizar a su gusto la construcción y adaptarse a los condicionantes del entorno donde se instale (flexibilidad en el diseño). Por tanto, posibilidad de compatibilizar la economía de la producción en serie con la personalización del diseño;
- Versatilidad para configurar numerosas construcciones: desde apartamentos básicos con un solo módulo, a edificios mayores planta y/o en altura
- Por último, uno de los grandes atractivos que lleva a la gente a construir una vivienda modular es su flexibilidad. Estas construcciones evolucionan junto con las necesidades o capacidades financieras de sus propietarios, ya que se pueden ampliar o reducir, añadiendo o eliminando módulos.

En conclusión, es tal el grado de perfeccionamiento que se está consiguiendo con esta tipología de construcción, que una vez terminadas no se aprecia apenas la diferencia frente la metodología convencional.

REFERENCIAS

[1] Construcción modular en hormigón: una tendencia al alza. López, 2016. Cemento Hormigón https://bit.ly/2I7xOH7
[2] Multiprestacionalidad de las soluciones constructivas en base hormigón. IV Congreso Edificios de Consumo de Energía Casi Nula. López et, al. 2017
[3] Aedas Homes industrializará sus obras para reducir los tiempos de entrega. Expansión, 9 de septiembre de 2018 https://bit.ly/2O40wOv
[4] El gran prefabricado de ingeniería civil, renace para crear espacios bioclimáticos de alta eficiencia energética y acústica sin eliminar zonas verdes. III Congreso Edificios de Consumo de Energía Casi Nula. Pedraza et, al. 2016
[5] Ensayos de certificación para sistemas de viviendas industrializadas. Peticionario WORLDMETOR. CEMOSA. Nº expediente: O/1501913

DISEÑO, MONTAJE Y ANÁLISIS DE UN MÓDULO DE FACHADA ACTIVA TERMOELÉCTRICA

María Ibáñez Puy, Responsable de Proyectos de I+D, Construcciones ACR
Jesús Miguel Alonso Pérez, Director de Innovación, Construcciones ACR
Manolo González Díaz, Director Técnico, Construcciones ACR

Resumen: El sector de la edificación es responsable del 40% del consumo total de energía de la Unión Europea. La reducción del consumo energético en la edificación y el incremento en la utilización de fuentes de energía renovables son la clave para garantizar el aumento de la sostenibilidad y la calidad de vida asociada a la edificación. La climatización mediante termoelectricidad se postula como una gran alternativa a los sistemas de climatización actuales ya que permite calentar y refrigerar con una única instalación, elimina el consumo energético asociado a combustibles fósules y la utilización de líquidos refrigerantes, del mismo modo que promueve la producción energética mediante energías renovabes. Además, se puede configurar como un sistema que trabaje como Plug&Play, totalmente integrado en la fachada y descentralizado, que reduce el volumen de la instalación y, por tanto, los materiales y recursos asociados. Desde 2016 Construcciones ACR y la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Navarra, han estado trabajando en el desarrollo del proyecto iACTIV. Esta iniciativa ha consistido en el diseño, montaje, validación y monitorización de un producto innovador de fachada activa termoeléctrica que presenta una alternativa industrializada, sostenible e integral para la climatización de los edificios de consumo casi nulo. El prototipo ha sido monitorizado tanto en régimen de verano como de invierno, demostrando que es posible climatizar un espacio con esta tecnología. El desarrollo de este prototipo se puede considerar como un primer acercamiento a la solución final deseada.

Palabras clave: Fachada Activa, Termoelectricidad, Fachada Ventilada, Prototipo, Integración, Energías Renovables, Sin Líquidos Refrigerantes, Plug&Play

INTRODUCCIÓN

La reducción de la demanda energética asociada a los edificios y el incremento de la utilización de fuentes de energía renovables son la clave para garantizar el aumento de la sostenibilidad y la calidad de vida asociada a la edificación. Aunque los Edificios de Consumo Casi Nulo son ya una realidad del panorama edificatorio español, es necesario apoyarse en la investigación de nuevos materiales, productos y sistemas de construcción que faciliten la consecución de la transformación que implica la aplicación de los nuevos estándares. El uso de la termoelectricidad ya ha sido desarrollado y aplicado por muchas industrias, como por ejemplo en electrónica [1], la militar [2], la automovilística [3] e, incluso, como sistema de climatización en los edificios [4], principalmente relacionado con aplicaciones donde la durabilidad y el control de temperatura son imprescindibles. Sin embargo, continúa siendo una tecnología innovadora que necesita de una mayor investigación y desarrollo para convertirse en una solución competitiva en cualquiera de sus aplicaciones [5]. El estudio de nuevos materiales semiconductores para configurar las células Peltier, la optimización de los sistemas de control y la reducción de los costes de producción y montaje son los puntos clave para conseguir una tecnología competitiva. En este contexto, la climatización mediante termoelectricidad se postula como una gran alternativa a los sistemas de climatización.

El proyecto iACTIV ha diseñado, construido y analizado un producto innovador de fachada activa termoeléctrica que presenta una alternativa industrializada, sostenible e integral para la climatización de los edificios. Basándose en la experiencia previa por parte de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Navarra (UNAV) en el campo de la climatización termoeléctrica aplicada a la edificación [6], [7] y con la experiencia y conocimiento del mercado edificatorio por parte de ACR, se ha construido un nuevo prototipo. El sistema se basa en la combinación de las células Peltier conectadas a la red eléctrica y la colocación de disipadores de calor en ambas caras para incrementar la superficie captadora y disipadora de calor, todo ello, integrado en fachada.

Este artículo se basa en el diseño y montaje de este tercer prototipo donde sus objetivos principales son, por un lado, describir detalladamente el proceso de construcción del módulo termoeléctrico integrado en una fachada y, por otro lado, analizar su funcionamiento. El módulo está pensando para ser replicado en función de las necesidades térmicas del local donde vaya a ser instalado.

ANTECEDENTES

La termoelectricidad es la parte de la física que trata de los fenómenos de producción de energía eléctrica por la acción del calor y viceversa. El efecto Peltier se produce cuando se hace pasar una corriente eléctrica a través de dos tipos diferentes de semiconductores (célula Peltier). La corriente eléctrica provoca la transferencia de calor de una unión a otra: mientras una se calienta la otra se enfría. Si se cambia el sentido de la corriente eléctrica, también se invierte la dirección de la transmisión de calor. De este modo, las células Peltier se pueden usar como una bomba de calor. La climatización termoeléctrica se postula como una gran alternativa a los sistemas de climatización actuales porque elimina el consumo energético asociado a combustibles fósiles, elimina la utilización de líquidos refrigerantes y promueve la producción energética mediante energías renovables (tabla I).

Climatización termoeléctrica	**En edificios**
Ventajas	**Ventajas**
No utiliza líquidos refrigerantes. Al contrario que las bombas de calor convencionales, las células Peltier no necesitan utilizar un fluido refrigerante para trabajar.	No hay emisiones de gases contaminantes a la atmósfera originadas por los sistemas de climatización.
Versatilidad. La climatización con células Peltier ofrece la posibilidad de calentar y refrigerar con una única instalación.	Sistema descentralizado. El sistema puede ser integrado en la fachada del edificio, reduciendo el espacio que ocupan los aparatos y sistemas de acondicionamiento higrotérmico.
Alta fiabilidad. Las células Peltier ofrecen una vida útil muy larga sin que se vea afectado su funcionamiento	Bajo mantenimiento. Debido a su alta fiabilidad, no es necesario realizar un mantenimiento periódico.
Corriente continua. Esto facilita enormemente su alimentación con fuentes de energías renovables como los paneles fotovoltaicos	Alimentado con células fotovoltaicas. El sistema ofrece la posibilidad de funcionar como sistema desconectado de la red eléctrica y, además, no hay emisiones de CO_2.
Control preciso de la temperatura. Asociadas a un sistema de control las células Peltier permiten una regulación muy precisa de la temperatura.	Condiciones térmicas de bienestar precisas. Aspecto muy importante en determinados edificios o locales como laboratorios u hospitales.
Desventajas	**Desventajas**
Rendimientos y eficiencias bajos en los prototipos actuales	Necesidad de disponer de una fachada al exterior para colocar el sistema
Mayor número de baterías para que el sistema sea completamente autónomo.	Necesidad de mejorar su nivel de infiltraciones, aislamiento acústico y comportamiento frente al fuego.

Tabla I. Ventajas/Desventajas que ofrece la climatización termoeléctrica para los edificios.

Tal y como se ha descrito el sistema de climatización está pensado para ser integrado en la fachada por lo que debe cumplir con los requisitos y exigencias propias de cualquiera de las dos funciones tal y como se observa en la tabla II.

En resumen, como sistema de climatización el control del salto térmico entre las caras, el consumo eléctrico y la disipación son los factores fundamentales para conseguir un alto rendimiento del sistema. En cuanto a sistema de fachada, entre otros aspectos, es importante tener en cuenta que al tratarse de un sistema activo la transmitancia de la fachada variará en función de si el sistema de climatización está activo o no.

Requisitos del sistema de climatización	**Exigencias como elemento de fachada**
Autónomo	Transmintancia
Industrializado. Fácil montaje e instalación	Infiltraciones de aire
Eficiente	Infiltraciones de agua
Vibraciones	Durabilidad frente a la acción del sol
Ruido	Aislamiento acústico
Coste	Seguridad frente al fuego

Tabla II. Tabla resumen de los requisitos y exigencias del módulo de fachada activo termoeléctrico.

DISEÑO Y MONTAJE DEL PROTOTIPO

Diseño del prototipo

Como se ha comentado anteriormente, el sistema se basa en la transmisión de calor entre el ambiente interior y el exterior generado por el fenómeno termoeléctrico. Para ello es necesario disponer de células Peltier y dado que, en este caso, se van a utilizar las células no sólo para refrigerar sino también para calentar es necesario colocar disipadores de calor tanto en la cara interior como en la cara exterior de las células.

Para el diseño del prototipo se ha tomado como referencia las experiencias realizadas en este campo por el equipo investigador, pero en este caso caben destacar algunos aspectos. Por un lado, se ha diseñado específicamente un disipador de calor de aluminio para la disipación hacia el interior, que evite sobrecalentamientos y satisface los requerimientos estéticos propios de cualquier elemento interior visible. Por otro lado, es la primera vez que se utiliza disipación por agua hacia el exterior, utilizando disipadores de calor propios de aplicaciones informáticas, debido a que rendimiento y tamaño encajan perfectamente para esta aplicación. La combinación de los componentes anteriores (una célula Peltier y sus disipadores) configuran una unidad básica denominada equipo termoeléctrico (Tabla III).

Componente	Especificaciones	Valor	Componente	Especificaciones	Valor
Célula Peltier CP1.4-127-06L	T. cara caliente Qmáx ΔTmáx Imáx Vmáx Resistencia	298 K 50 W 67 K 6,4 A 14,4 V 1,94 Ω	Disipador exterior	Tipo Dimensiones Dimensiones del tubo Velocidad de la bomba Corriente de la bomba	Disipación por agua 154 x 120 x 27 mm 315 mm 2500 rpm 0,25 A
Disipador interior	Tipo Dimensiones	Disipacidor de aletas 1380 x 150 x 90 mm	Ventilador exterior	Tipo Dimensiones Flujo de aire Corriente	Axial 120 x 120 x 25 mm 84,5 CFM 0,38 A

Tabla III. Descripción técnica de los componentes de cada equipo termoeléctrico.

Montaje experimental

La unión de seis equipos termoeléctricos compone un módulo que, para poder integrarlo en la fachada, se dispone de una subestructura compuesta de una parte fija que trabaja a forma de premarco y de una móvil que permite extraer el módulo completo para realizar labores de mantenimiento o reparación desde el interior. De esta forma, los disipadores exteriores quedan albergados en la cámara de aire de la fachada y, por su parte, el disipador interior de aluminio hace de elemento visible en la parte interior (Fig. 1). El prototipo final dispuesto se compone de cuatro módulos que trabajan de forma conjunta.

Para controlar las condiciones de la cámara y hacer que el salto térmico entre las caras de la célula sea el menor posible, la hoja exterior de la fachada se compone de un panel sándwich y unas rejillas de ventilación, especialmente pensadas para la disipación de calor en verano. Con el fin de conseguir un óptimo funcionamiento termoeléctrico y al ser, al mismo tiempo, la fachada del edificio es necesario garantizar un adecuado nivel de aislamiento. Para ello, cada uno de los equipos ha sido integrado en un panel rígido de aislamiento, aunque es imposible evitar el puente térmico que las células Peltier provocan cuando el sistema de climatización está apagado. Además, es importante descatar dos novedades de este prototipo. En primer lugar, es la primera vez que el prototipo se instala en un edificio existente y, por otro lado, también es la primera ocasión que se ha integrado con fotovoltaica. De hecho, se ha dispuesto una instalación fotovoltaica compuesta por dieciséis paneles en cubierta y doce baterías para alimentar el sistema termoeléctrico.

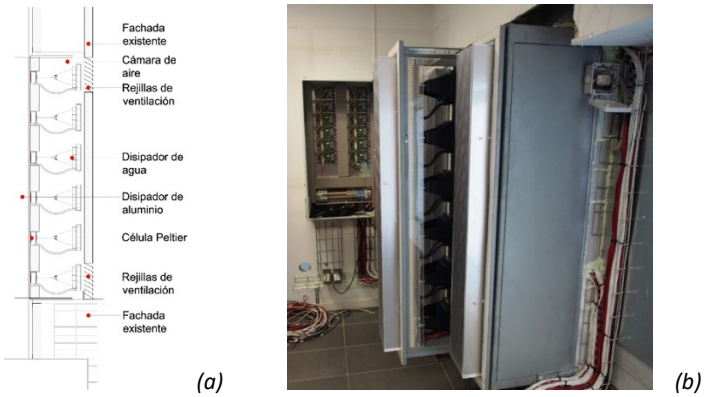


Figura 1. (a) Esquema del módulo termoeléctrico integrado en fachada (b) fotografía de la instalación.

Sistema de control

Una de las mejoras fundamentales de esta versión del prototipo ha sido su sistema de control. Se trabaja con elementos termoeléctricos sensibles y delicados, cuyos parámetros deben estar perfectamente controlados para obtener un funcionamiento eficiente. Por ello se ha optado por utilizar unas tarjetas electrónicas que, reguladas por un software, y basadas en el control de la temperatura de las caras de los módulos termoeléctricos, permiten un control preciso de su funcionamiento.

Esta tecnología permite reducir el fallo de las células, ya que incluyen los elementos de seguridad necesarios y, además, facilitan el control a través de un programa de ordenador donde se introducen los valores que se desean obtener. Debido al gran número de módulos termoeléctricos (24) el número de tarjetas asciende a 13, con sus correspondientes fuentes de alimentación. Además, para desarrollar la investigación cada Peltier necesita dos sondas de temperatura y todo el sistema debe ir conectado al ordenador, aumentando considerablemente la complejidad de la instalación.

ANÁLISIS

Además de realizar un análisis a nivel global, se han realizado ensayos de períodos cortos de tiempo con el objetivo de calcular la transmisión de calor y el COP del sistema. El flujo de calor en calefacción (1) y en refrigeración (2) y el rendimiento (3) de cada módulo se calcula utilizando las siguientes fórmulas:

$$Q_h = S_m \cdot I \cdot T_h + \frac{1}{2} \cdot R_m \cdot I^2 - K_m \cdot (T_h - T_c) \quad (1)$$

$$Q_c = S_m \cdot I \cdot T_c - \frac{1}{2} \cdot R_m \cdot I^2 - K_m \cdot (T_h - T_c) \quad (2)$$

$$COP = \frac{Q}{Qe} \quad (3)$$

Tanto en régimen de verano como en régimen de invierno, se han realizado varios ensayos disponiendo el sistema a diferentes voltajes (4, 6, 8, 10, 12 V). El proceso consiste en analizar el comportamiento de las células hasta que la diferencia de temperaturas entre las caras se estabiliza. En modo calefacción, estos ensayos se han realizado dos veces, en primer lugar, con los ventiladores exteriores encendidos y, en segundo lugar, con los ventiladores apagados. Sin embargo, en modo refrigeración los ensayos se han realizado únicamente con los ventiladores encendidos.

En ambos casos, modo calefacción y modo refrigeración, los resultados muestran que cuanto mayor es el voltaje aportado mayor es la diferencia de temperatura conseguida entre las caras y, por tanto, mayor será el flujo de calor conseguido (Fig.2).

Destaca que, en modo calefacción, los ensayos realizados sin ventiladores muestran una diferencia de temperaturas mayor que los realizados con los ventiladores activos. Sin embargo, en modo refrigeración, con los ventiladores activos, las diferencias de temperatura conseguidas son mucho menores que las obtenidas para esas mismas condiciones en modo calefacción.

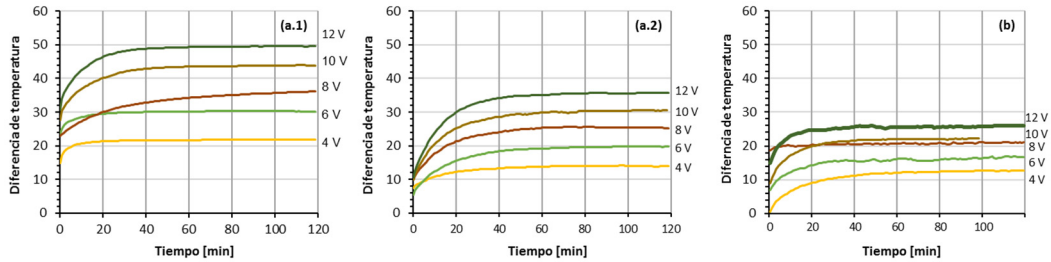


Figura 2. Evolución de la diferencia de temperaturas entre las caras para cada uno de los voltajes ensayados en (a.1) modo calefacción sin ventiladores, (a.2) modo calefacción con ventiladores y (b) modo refrigeración con ventiladores.

Tal y como se deduce de las fórmulas cuanto mayor es el salto térmico entre las caras, mayor es también el flujo de calor que se transfiere. Es decir, la relación entre el voltaje aplicado y el flujo de calor generado es lineal y, este último es siempre menor con los ventiladores activos. Además, los flujos de calor conseguidos son menores para el modo refrigeración que para el de calefacción (Fig. 3).

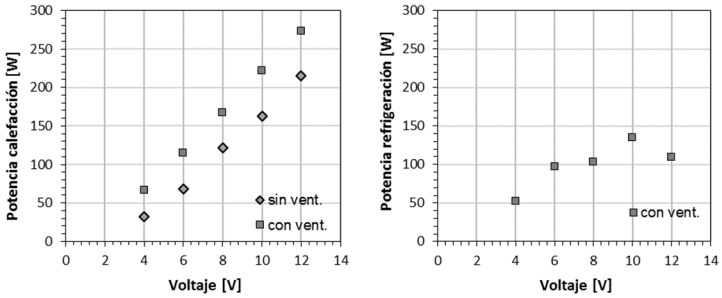


Figura 3. Relación entre la potencia de calor generada y el voltaje tanto para modo calefacción y refrigeración.

No obstante, aunque el flujo aumente con el voltaje, también aumenta, en la misma proporción, la potencia eléctrica consumida, y por tanto el rendimiento conseguido es menor. Al consumo eléctrico propio de las células Peltier hay que añadir el consumo de los ventiladores, cuando estos están activos (Fig. 4).

En términos generales, los resultados obtenidos cuando el sistema funciona en modo calefacción son coherentes y demuestran que es posible calentar un espacio utilizando únicamente un sistema de climatización termoeléctrico. Los rendimientos varían entre 1,1 y 2,2 cuando los ventiladores están encedidos. Sin embargo, los resultados no muestran la misma coherencia cuando el sistema funciona en modo refrigeración. De hecho, aunque se intuye la relación lineal entre el flujo y el voltaje, los datos obtenidos son más dispersos. Además, el rendimiento varía entre 0,4 y 1,7.

Los resultados obtenidos llevan a concluir que es necesario aumentar el nivel de aislamiento global del módulo y la hermeticidad de este, aunque, ante todo, es imprescindible aumentar el aislamiento de la hoja exterior para conseguir controlar la temperatura de la cámara de aire y reducir así el salto térmico entre la cámara y el interior y, por tanto, mejorar el rendimiento. Esto confirma que el principal reto está relacionado con la integración del sistema como elemento de fachada, siendo necesario mejorar el diseño, no sólo del módulo, sino del entorno en general, para que el módulo pueda comportarse de forma óptima como un elemento de fachada.

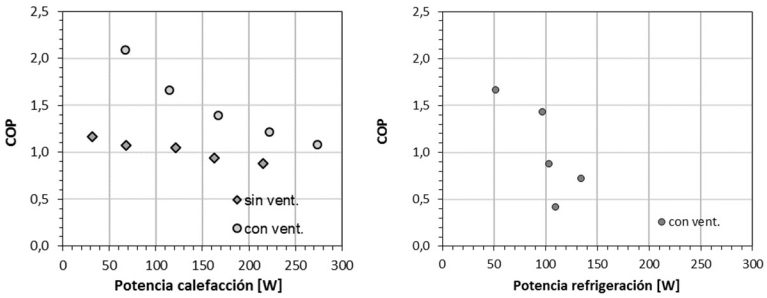


Figura 4. Relación entre la potencia de calor generada y el rendimiento del sistema para modo calefacción y refrigeración.

Ciertamente se trata de valores inferiores a los actuales sistemas de climatización, pero es necesario evaluar estos resultados asociados a edificios con una demanda de calefacción baja o prácticamente nula. Por ejemplo, las demandas exigidas actualmente por el CTE para los edificios de consumo casi nulo no deben exceder los 10 W/m^2 de pico de demanda. Para establecer una relación con los resultados obtenidos, para la climatización de una habitación de 15 m^2 sería suficiente con la instalación de un único módulo trabajando a 8 V.

CONCLUSIONES

De acuerdo con la literatura científica, y hasta donde han podido averiguar los responsables del presente proyecto acudiendo a diferentes congresos internacionales y en reuniones con investigadores de otras universidades, no se ha encontrado un prototipo equivalente al que actualmente se ha conseguido montar, lo cual creemos que debe ser motivo de satisfacción. Este prototipo ha supuesto un salto cualitativo con respecto a los prototipos anteriores, confirmando el potencial que la termoelectricidad tiene en este campo, aunque siguen existiendo algunos puntos que precisan de cierto desarrollo para ser optimizados para, finalmente, poder comercializar el sistema.

En términos generales, es necesario optimizar la parte electrónica. El análisis también demuestra que es posible reducir el número de células. Las diferentes posibilidades de conexión eléctrica (serie y paralelo) de las Peltier puede jugar un papel fundamental para alcanzar esta mejora permitiendo disminuir el cableado y la complejidad técnica asociada. Es necesario continuar trabajando en la integración del sistema en la fachada y en su industrialización. Actualmente, ha sido concedida la segunda parte del proyecto que va a permitir optimizar todos estos aspectos.

Asimismo, uno de los puntos clave de la investigación ha sido la incorporación de una instalación fotovoltaica, que ha permitido que el sistema sea autónomo de la red eléctrica durante al menos un día completo. Esto refuerza el potencial de la utilización de bombas de calor termoeléctricas asociadas a los edificios de consumo de energía casi nulos.

Sin lugar a duda, nos encontramos ante una solución única en el mercado actual que puede llegar a representar una alternativa perfecta para la incorporación en los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo, donde la demanda energética será mínima y deberá alimentarse con energía renovable.

REFERENCIAS

[1] H.-S. Huang, Y.-C. Weng, Y.-W. Chang, S.-L. Chen, and M.-T. Ke, “Thermoelectric water-cooling device applied to electronic equipment,” Int. Commun. Heat Mass Transf., vol. 37, no. 2, pp. 140–146, Feb. 2010.

[2] P. Donaldson, Batteries, fuel cells, and alternative energy sources for military vehicles. Zeitschriftenaufsatz, 2015.

[3] J. Yang and F. R. Stabler, “Automotive Applications of Thermoelectric Materials,” J. Electron. Mater., vol. 38, no. 7, pp. 1245–1251, 2009.

[4] C. Martin-Gomez, M. Ibanez-Puy, J. Bermejo-Busto, J. A. Sacristan Fernandez, J. C. Ramos, and A. Rivas, “Thermoelectric cooling heating unit prototype,” Build. Serv. Eng. Res. Technol., vol. 37, no. 4, pp. 431–449, Jul. 2016.

[5] C. Gayner and K. K. Kar, “Recent advances in thermoelectric materials,” Prog. Mater. Sci., vol. 83, pp. 330–382, 2016.

[6] M. Ibañez-Puy, J. Bermejo-Busto, C. Martín-Gómez, M. Vidaurre-Arbizu, and J. A. Sacristán-Fernández, “Thermoelectric cooling heating unit performance under real conditions,” Appl. Energy, vol. 200, 2017.

[7] M. Ibañez-Puy, C. Martín-Gómez, J. Bermejo-Busto, J. A. Sacristán, and E. Ibañez-Puy, “Ventilated Active Thermoelectric Envelope (VATE): Analysis of its energy performance when integrated in a building,” Energy Build., vol. 158, 2018.

PROYECTO LOWUP: IMPLEMENTACIÓN DE CUATRO TECNOLOGÍAS EN PLANTA PILOTO - DETALLE DE KIT DE RECUPERACIÓN DE CALOR EN PANELES SOLARES FV CON MCF

Dra. Raquel Simón Allué, Ingeniera en I+D, EndeF Engineering
Raúl Villén Domingo, Ingeniero encargado de fabricación, EndeF Engineering
Gonzalo Brun Gresa, Director de operaciones, EndeF Engineering
Dra. Isabel Guedea Medrano, Project Manager, CEO, EndeF Engineering

Resumen: En este trabajo se presenta el diseño y construcción de una de las 4 plantas pilotos desarrollada bajo el marco del proyecto europeo LowUP (http://lowup-h2020.eu/). La planta piloto se ubica en las oficinas de Acciona Infraestructuras, Sevilla, a las que se va a dar suministro de calefacción, electricidad y agua caliente sanitaria. En ella se integran 4 sistemas nuevos para la reducción de emisiones: paneles solares fotovoltaicos con kit de recuperación de calor con material de cambio de fase (MCF), un tanque de acumulación estratificado optimizado para trabajar con distintas fuentes, suelo radiante de baja temperatura, recuperador de calor de aguas grises.Esta comunicación hace hincapié en el desarrollo de paneles FV con kit adaptable de recuperación de calor, desde la fase de prototipado a su instalación, así como en su integración con el resto de sistemas. Los resultados preliminares muestran la capacidad de aprovechar el calor a baja temperatura absorbido por los paneles FV a la vez que se protege el laminado FV de altas temperaturas, mejorando su eficiencia y alargando su vida útil gracias MCF.

Palabras clave: Energías Renovables, Eficiencia Energética, Energía Solar, Instalación Piloto, Proyecto Europeo, Panel Solar Híbrido, Material de Cambio de Fase

INTRODUCCIÓN - PROYECTO LOWUP

El trabajo aquí presentado forma parte del proyecto LowUP, cuyo nombre completo es '*Low valued energy sources UPgrading for buildings and industry uses*' (LowUP project, 2018). Se trata de un proyecto europeo financiado mediante la convocatoria H2020-EE-2016-2017 relativa a la mejora de eficiencia energética, enmarcada dentro del octavo programa marco impulsado por la Unión Europea que se reparte entre los años 2014-2020. Esta convocatoria en particular hace referencia a los retos de la sociedad relativos al uso de una energía segura, limpia y eficiente, y tiene fin colaborar en la consecución de los objetivos H2020 establecidos en materia de energía: reducción significativa de gases de efecto invernadero y la disminución del consumo de energía primaria (European Commission 2010). El proyecto está liderado por la compañía ACCIONA, y en él colaboran 12 entidades de 7 países distintos: 2 empresas grandes, 3 centros de investigación y tecnología y 7 PYMEs. Actualmente se encuentra en el ecuador de su desarrollo, con una duración total de 42 meses. El objetivo principal del proyecto es el de desarrollar y demostrar el funcionamiento real de nuevas tecnologías que permitan reducir el uso de energía primaria en edificios de uso terciario y disminuir significativamente con ello las emisiones de CO_2 emitidas a la atmosfera. Estas tecnologías se engloban en 3 sistemas (ver resumen en Tabla I):

1. Heat-LowUP: para abastecimiento de calor a baja temperatura (30-35ºC) a partir de fuentes de energía renovable y aprovechamiento de aguas residuales.
2. Cool-LowUP: para abastecimiento de sistemas de refrigeración ambiental y de agua (17-19ºC).
3. HP-LowUP: para la recuperación de calor en procesos industriales.

El resultado real de estos sistemas se va a evaluar en un total de 4 instalaciones físicas, donde se estudiará el funcionamiento individual o en combinación de cada sistema en un entorno real.

- Demo #1: edificio de oficinas en Sevilla, España. Sistemas: Heat-LowUP & Cool-LowUP.
- Demo #2: residencia de estudiantes en Badajoz, España. Sistemas: Simulador de Heat-LowUP
- Demo #3: planta de tratamiento de agua en Madrid, España. Sistemas: HP-LowUP.
- Demo #4: fábrica de procesado de papel en Setúbal, Portugal. Sistemas: HP-LowUP.

	Heat-LowUP	**Cool-LowUP**	**HP-LowUP**
Uso principal	Calefacción para edificios	Aire acondicionado/sistemas de refrigeración en edificios	Calor útil para procesos industriales

Tecnología LowUP	H LowUP	C LowUP	HP LowUP
Fuente de energía	Energía solar y aguas residuales	Aire ambiental	Calor residual resultante de procesos industriales
Demo	Edificio de oficinas, residencia de estudiantes	Edificio de oficinas	Planta tratamiento de agua, fábrica de procesado de papel

Tabla I. Resumen de los sistemas desarrollados en el proyecto LowUP.

A continuación, se exponen los detalles del sistema Heat-LowUP y su posterior instalación en la Demo #1, ubicada en las oficinas de Acciona Infraestructuras de Sevilla. En ella se recogen 4 tecnologías orientadas al abastecimiento de calor a baja temperatura, concretamente en el rango de 30-35ªC, utilizando para ello fuentes de la propia edificación o de energías renovables, en este caso energía solar (ver esquema en Figura 1). Los 4 sistemas plantean alguna innovación frente a lo encontrado en el mercado y aunque son aplicables por separado, es la combinación de ellos lo que hace posible el abastecimiento de la planta piloto.

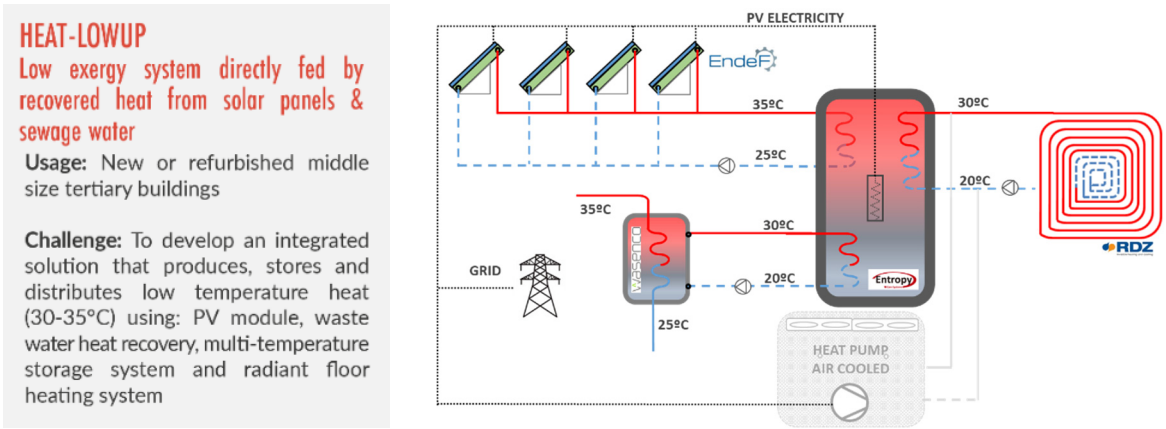


Figura 1. Esquema del sistema Heat-LowUP, con 4 tecnologías nuevas implementadas.

Depósito de acumulación estratificado para trabajar con multi-fuente de energía

Tradicionalmente, los depósitos de acumulación tienen una sola fuente de calor y se crea una estratificación natural en el interior debido a la diferencia de temperatura. En este proyecto, sin embargo, se tienen diferentes fuentes de energía a baja temperatura al mismo tiempo (térmica solar y recuperación de calor residual), lo que requiere una gestión específica de los flujos, de acuerdo con las necesidades de almacenamiento y la simultaneidad de la carga.

Por ello, se ha desarrollado un nuevo diseño de depósito, más funcional y eficiente, que reduce pérdidas de calor y protege las capas de estratificación mediante el uso de placas deflectoras de orificios. Además del tratamiento interno, se ha implementado una nueva tecnología basada en válvulas para gestionar la contribución de energía de múltiples fuentes con diferentes niveles de temperatura en un solo almacenamiento térmico. Esta tecnología también permite el consumo de energía estratificada sin la necesidad de controladores, electricidad, etc. trabajando en un nuevo principio de accionamiento termomecánico. El prototipo de este nuevo depósito ha sido fabricado por la empresa Entropy Care Systems y supervisado por la aragonesa EndeF Engineering.

Suelo radiante de baja temperatura

Con el objeto de cubrir las necesidades de calefacción de las oficinas, se ha integrado una nueva configuración de suelo radiante capaz de trabajar a una temperatura de servicio hasta diez grados menor que los sistemas tradicionales (45ºC). Diseñado por la compañía italiana RDZ, este sistema de suelo radiante reemplaza el hormigón del suelo por una pieza todo-en-uno que incorpora una placa de silicato de calcio y las tuberías del suelo radiante. La colocación de

la placa final supone perder 35mm de altura del espacio, pero permite la posibilidad de incluir calefacción por suelo radiante en espacios donde de otra manera sería imposible. Las principales consecuencias de no incluir hormigón, es la disminución en peso e inercia térmica de la solución final y la reducción en la temperatura de servicio del fluido necesaria para mantener el confort del espacio, con lo que se reduce las necesidades térmicas energéticas del sistema.

Recuperador de calor de aguas grises

La tercera tecnología aquí desarrollada es un depósito recuperador de calor especialmente diseñado para recuperar y mantener calor de fuentes a muy baja temperatura, como son las aguas residuales, gases de escape o fluidos salientes de otros sistemas de energía. El objetivo del depósito es doble: capturar calor en torno a 25-30ºC y mantenerlo. Para ello se compone de la configuración de tubería única, que permite aunar el paso de distintos tipos de aguas residuales por el mismo elemento rodeando la pared interior, reduciendo equipos y costes. El depósito, desarrollado por la empresa finlandesa Wasenco Oy, lleva integrado un complejo sistema de monitorización remoto que no requiere de visitas de inspección o servicio y que regula la capacidad de almacenamiento tanto interna como externa.

KIT DE RECUPERACIÓN DE CALOR CON MCF

La tecnología en la que se quiere incidir en este trabajo es el kit para recuperación de calor en paneles fotovoltaicos mediante el uso de material de cambio de fase (en adelante MCF), cuyo desarrollo y fabricación se ha realizado en la empresa EndeF. La tecnología fotovoltaica está sufriendo una revolución debido al desarrollo de la tecnología, que ha permitido abaratar mucho los costes de fabricación e instalación haciéndola más accesible al usuario final. Sin embargo, las eficiencias que se obtienen son todavía bajas, comparadas con otros sistemas energéticos (Islam et al. 2016) y se ven penalizadas por la elevada temperatura de trabajo de los módulos expuestos al sol. Con el fin de mejorar esa eficiencia se ha diseñado aquí tres un kit de recuperación de calor que incorpora tres novedades.

Innovaciones incorporadas

- Incorporación de un recuperador de calor por donde circula un fluido caloportante.
- Inclusión de una capa de material de cambio de fase que redistribuye el calor y protege frente a sobrecalentamientos.
- Desarrollo de un perfil perimetral que permite su adecuación a los modelos de panel fotovoltaico tradicionales.

La distribución final del panel desarrollado para el proyecto puede observarse en la Figura 2.

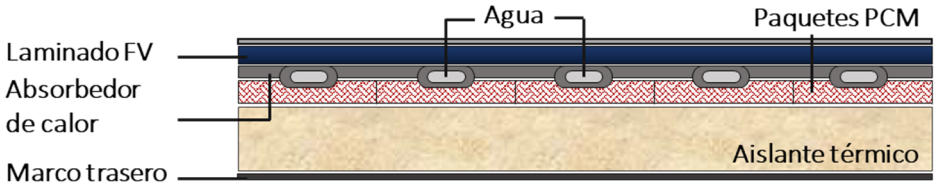


Figura 2. Distribución de las capas que conforman el kit de recuperación de calor.

El recuperador de calor se compone de dos láminas de aluminio unidas mediante la técnica de roll-bond, de manera que se dibujan ciertos canales entre ellas por donde circula el fluido. La continua circulación de este fluido, en este caso agua con un porcentaje de glicol para prevenir posibles congelaciones, hace que parte de calor generado en el laminado fotovoltaico se traspase al agua produciendo energía térmica. La temperatura del fluido a la salida del panel va a depender de las condiciones climatológicas, localización o caudal circulante de la instalación entre otros factores.

El MCF, por otra parte, se caracteriza por absorber energía al aumentar de temperatura y cambiar de fase. Esa energía se queda almacenada en el MCF hasta que la temperatura vuelve a bajar y éste recobra su estado original. Esa cualidad se aprovecha aquí para establecer un límite máximo a partir del cual entra en acción el PCM, absorbiendo la energía sobrante y limitando la temperatura a la que es capaz de llegar la instalación. Con ello se mejora no solo la eficiencia fotovoltaica, si no que se protege el laminado y otros componentes clave frente a posibles sobrecalentamientos. Otro beneficio adicional reside en la redistribución de energía térmica generada por el panel, ya que se almacena energía durante las horas solares pico que es liberada cuando la radiación baja al final del día.

Durante este proyecto se ha llevado a cabo el diseño y fabricación de un nuevo tipo de panel que combina los dos componentes, absorbedor y MCF, de manera que sean fácilmente ajustables a un panel fotovoltaico, manteniendo el

espesor original del mismo. Para ello, se ha diseñado también un perfil perimetral que permite y facilita la adecuación de estos componentes a distintos modelos de panel fotovoltaico convencional disponibles en mercado. El resultado es un kit de recuperación de calor que puede aplicarse tanto a paneles nuevos como ya en uso, y que mejora la producción fotovoltaica a la vez que proporciona energía térmica y protección frente a sobrecalentamientos.

Ventajas del sistema

- Permite obtener calor y electricidad de un mismo panel.
- Redistribuye el calor generado de las horas solares pico a horas con menor radiación.
- Reduce la temperatura de trabajo del laminado FV, mejorando eficiencia eléctrica y protegiendo la instalación.
- Es adaptable a paneles FV estándar, tanto nuevos como existentes, sin modificar su espesor.

INSTALACIÓN EN LOCALIZACIÓN REAL

El diseño final del panel ha sido puesto a prueba en las instalaciones de EndeF, donde se ha sometido a pruebas de presión, electricidad y riesgo de fugas, además de estudiar su comportamiento experimental tanto desde el punto de vista térmico como eléctrico. El funcionamiento a largo plazo del kit de recuperación de calor para laminados FV se va a estudiar en las oficinas de Sevilla, cuya instalación está ya planteada y se va a ejecutar durante el próximo mes de Octubre.

Figura 3. Localización real del sistema Heat-LowUP.

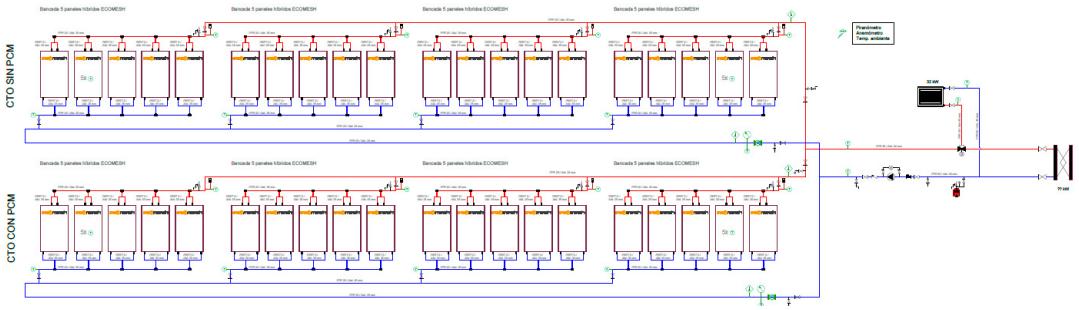


Figura 4. Esquema hidráulico de la instalación de Sevilla.

Se van a instalar un total de 40 paneles híbridos, es decir laminados fotovoltaicos con absorbedor de calor, de los cuales solo 20 van a tener implementado el MCF. El objetivo es poder establecer una comparativa de su funcionamiento con y sin MCF en un entorno real, abasteciendo las demandas de agua caliente sanitaria y calefacción por suelo radiante de las instalaciones de ACCIONA. Los paneles se colocarán en paralelo, tal y como se indica en el esquema hidráulico planteado en la Figura 4.

De carácter previo a la instalación, y con el fin de ayudar al dimensionamiento de la misma, se han realizado simulaciones térmicas y eléctricas que permiten predecir la producción energética de la instalación final. Los resultados de dichas simulaciones se muestran en la Figura 5 gráficamente y en la Tabla II analíticamente, donde se observa una mejora tanto e la parte fotovoltaica como de la parte térmica de la instalación al considerar los paneles con MCF en su interior. Según lo analizado, con estas producciones se cubre el 100% de los requerimientos de ACS y calefacción presentes en las oficinas.

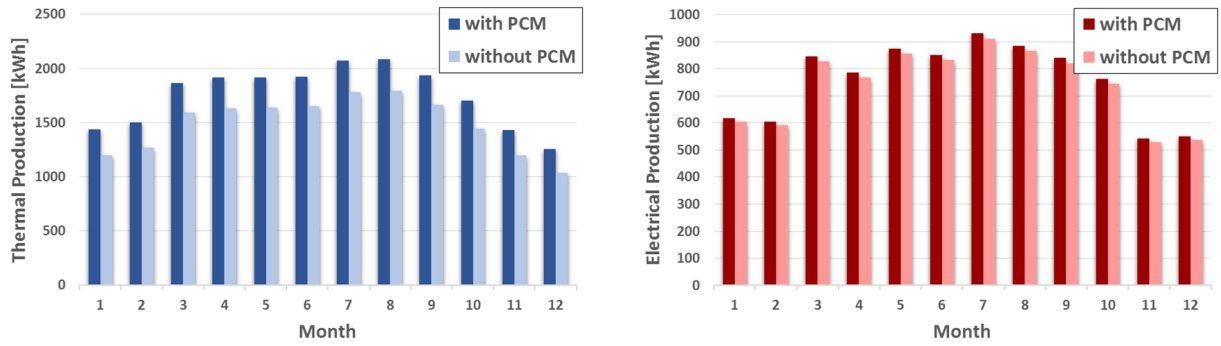


Figura 5. Producciones térmica (izda.) y eléctrica (dcha.) de la instalación solar proyectada en Sevilla.

	Rad. solar incidente [kWh]	Producción térmica [kWh]			Producción eléctrica [kWh]		
		Con MCF	Sin MCF	TOTAL	Con MCF	Sin MCF	TOTAL
Enero	21,110	1,438	1,199	2,637	617	604	1,221
Febrero	20,272	1,504	1,271	2,775	604	591	1,194
Marzo	27,764	1,863	1,592	3,455	846	828	1,674
Abril	25,201	1,914	1,633	3,547	786	769	1,555
Mayo	27,695	1,915	1,637	3,552	875	856	1,731
Junio	27,313	1,922	1,648	3,570	851	833	1,684
Julio	30,429	2,070	1,782	3,852	931	911	1,842
Agosto	28,848	2,083	1,795	3,878	886	866	1,752
Septiembre	28,337	1,938	1,663	3,601	840	821	1,661
Octubre	24,866	1,704	1,444	3,148	762	746	1,508
Noviembre	17,877	1,428	1,195	2,623	543	531	1,073
Diciembre	18,948	1,255	1,034	2,289	551	539	1,089
TOTAL	298,660	21,034	17,893	38,927	8,891	9,093	17,984

Tabla II. Resumen de las producciones energéticas en kWh, separadas por circuito con y sin MCF.

El funcionamiento real de los circuitos deberá ser estudiado tras su puesta en marcha en las inmediaciones de las oficinas de Sevilla, ya que el complejo funcionamiento del material de cambio de fase y la combinación de tecnologías hasta ahora no estudiadas dificulta la obtención de resultados numéricos fiables. Por ello, la instalación que se ejecutará en el próximo mes de Octubre incorporará sensores de temperatura, presión y caudal en los puntos estratégicos que permitan la evaluación posterior de la producción energética de los paneles con y sin material de cambio de fase. El periodo de monitorización se espera dé comienzo a principios del mes de Diciembre, cuando todos los componentes del sistema Heat-LowUP estén correctamente instalados y la puesta en marcha efectuada. Aunque los datos empezarán a postprocesarse desde el primer mes de funcionamiento normal, se plantea un periodo de un año mínimo de análisis, para evaluar el funcionamiento de la instalación en distintas condiciones de trabajo y épocas climáticas.

CONCLUSIONES

El proyecto LowUP agrupa una serie de tecnologías energéticas orientadas a la recuperación y aprovechamiento de calor a baja temperatura, con el fin de optimizar y reducir consumos energéticos dados en edificios residenciales y de sector terciario. Concretamente, el proyecto plantea 3 sistemas cerrados orientados a la producción de calor (Heat-LowUP), frío (Cool-LowUP) y entornos industriales (HP-LowUP), que se instalarán individualmente o en combinación en 4 plantas piloto.

Este trabajo se centra en la descripción del Heat-LowUP, diseñado para abastecimiento de calor a baja temperatura a partir de fuentes de energía renovable y aprovechamiento de aguas residuales, y concretamente en el diseño e innovación llevados a cabo por la empresa EndeF en relación al kit de recuperación de calor con material de cambio de fase para paneles FV. Este nuevo diseño permite obtener energía térmica en el mismo módulo que proporciona electricidad, a la vez que redistribuye el calor generado de las horas solares pico a horas con menor radiación gracias a la actuación del material de cambio de fase. Este kit, adaptable a paneles FV estándar nuevos y ya existentes, presenta la ventaja adicional de reducir temperaturas máximas de trabajo, protegiendo la instalación y alargando su vida útil. Los resultados teóricos preliminares apuntan a una mejora de la producción energética, tanto en el aspecto térmico como eléctrico, aunque el complejo comportamiento del MCF dificulta la simulación numérica del conjunto.

Su funcionamiento en un entorno real se empezará a estudiar el próximo mes de Diciembre en las oficinas de ACCIONA en Sevilla, donde está proyectada una instalación de 40 paneles (con y sin MCF), con la que se podrán validar los resultados teóricos y evaluar directamente el efecto del MCF.

REFERENCIAS

- European Commission. 2010. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Energy 2020. A Strategy for Competitive, Sustainable and Secure Energy. Belgium.
- Islam, MM, Pandey, AK, Hasanuzzaman, M, and Rahim, NA. 2016. “Recent progresses and achievements in photovoltaic-phase change material technology: a review with special treatment on photovoltaic thermal-phase change material systems.” Energy Convers. Manag. 126: 177–204.
- “LowUP project - making heating and cooling more efficient and more suitainable in europe.” 2018. Eur. Commision.

REPERCUSIÓN ENERGÉTICA DE LAS INFILTRACIONES DE AIRE A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS RESIDENCIALES EN ESPAÑA

Irene Poza Casado, Investigadora en formación, GIR Arquitectura & Energía, Universidad de Valladolid
Alberto Meiss, Profesor Contratado Doctor, GIR Arquitectura & Energía, Universidad de Valladolid
Miguel Ángel Padilla Marcos, Profesor Ayudante Doctor, GIR Arquitectura & Energía, Universidad de Valladolid
Jesús Feijó Muñoz, Catedrático de Universidad, GIR Arquitectura & Energía, Universidad de Valladolid

Resumen: Atendiendo a los argumentos de la Directiva Europea 2018/844, se hace indispensable la renovación del parque inmobiliario y su transformación en edificios de consumo de energía casi nulo. En este contexto, uno de los factores que supone mayor impacto es la presencia de vías de aire no controladas a través de la envolvente, ampliamente estudiado en EE. UU., Canadá y la mayoría de los países europeos. Sin embargo, hay una falta de conocimiento a este respecto en los países mediterráneos. En España la normativa actual no contempla el aporte suplementario por infiltraciones, causando problemas de sobre-ventilación y mayor consumo de energía. El objetivo de este trabajo es la estimación de la repercusión energética de las infiltraciones en el parque residencial existente. Se ha llevado a cabo un amplio estudio de campo de caracterización de la envolvente, analizando más de 400 casos representativos en toda la geografía española mediante ensayos de presurización en el marco del proyecto nacional I+D+i *INFILES*.

Palabras clave: Infiltraciones, Repercusión Energética, Estanqueidad, Edificios Residenciales, Blower Door

INTRODUCCIÓN

La Unión Europea se ha comprometido a seguir reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero, estableciendo un sistema energético sostenible, competitivo y descarbonizado de aquí a 2050. Se calcula que el parque inmobiliario es responsable de aproximadamente el 36% de todas las emisiones de CO_2 y que casi el 50% del consumo de energía final de la Unión se destina a calefacción y refrigeración, de la cual el 80% de consume en edificios (Comisión Europea, 2018). Por ello, parece indispensable establecer estrategias que apoyen la renovación de los parques nacionales de edificios, facilitando su transformación en edificios de consumo de energía casi nulo.

En este contexto, uno de los factores que supone mayor impacto es la presencia de vías de aire no controladas a través de la envolvente o infiltración. La constante mejora en la transmitancia de los elementos constructivos ha supuesto que la entrada de aire exterior haya tomado progresivamente mayor relevancia en el total de energía consumida por el sector residencial. Pero el movimiento incontrolado del aire a través de la envolvente de los edificios no solo implica un mayor consumo energético, sino que también genera una serie de problemas que afectan a la salud de sus ocupantes: falta de confort térmico, entrada de contaminantes y olores, ruido, funcionamiento inadecuado de los sistemas de ventilación, menor protección al fuego, etc.

Son numerosos los estudios que se han llevado a cabo en el norte de Europa, EE. UU. y Canadá desde hace décadas. Sin embargo, en los países mediterráneos, y en el caso de España en particular, la benevolencia climática y la tradición de ventilar naturalmente han llevado a que muy pocos estudios se hayan centrado en esta cuestión (Fernández-Agüera et. al, 2015; Jiménez Tiberio y Branchi, 2013; Montoya et. al, 2010). Tradicionalmente, la infiltración de aire ha contribuido a la ventilación natural, complementando la falta de sistemas de ventilación específicos.

La normativa española, el Código Técnico de la Edificación (Ministerio de Fomento del Gobierno de España, 2017) no contempla una exigencia mínima de estanqueidad global de la envolvente en el caso de viviendas de nueva construcción. En cuanto a la ventilación, el documento requiere la implementación de sistemas de ventilación controlada para garantizar una calidad de aire interior adecuada. Aunque la última versión del documento permite considerar el área equivalente de infiltración como parte del área de abertura de ventilación, en la práctica estos sistemas se dimensionan suponiendo envolventes idealmente estancas. Por lo tanto, es esencial insistir en la necesidad de envolventes eficientes para evitar el sobredimensionamiento de los sistemas de ventilación y el consumo excesivo de energía.

Dada la relevancia de esta cuestión, el proyecto *INFILES*, en el que se engloba este estudio, tiene como objetivo la caracterización de la envolvente de los edificios existentes en España, estableciendo el impacto energético relacionado con la falta de hermeticidad al aire. A través de un extenso estudio de campo en toda la geografía española, se han

analizado viviendas unifamiliares y plurifamiliares de diferentes tipologías y años de construcción, estableciendo de este modo una base de datos que reúne los resultados de infiltración obtenidos.

METODOLOGÍA

Muestra

Se ha ensayado un total de 401 viviendas construidas entre 1880 y 2015 en todo el país, atendiendo a un muestreo no probabilístico por cuotas para garantizar una muestra representativa del parque residencial español. Para el muestreo se han considerado diversos factores relevantes que tienen un impacto en la hermeticidad como variables de control, a saber, zona climática, año de construcción y tipología (Tabla I).

Período	Tipología	COR	BIL	VLL	MAD	BCN	ALC	MAL	SEV	LPA
<1900	U	-	-	-	2	-	-	-	-	-
	P	-	-	-	-	-	1	-	-	-
1900-1939	U	-	3	-	3	11	-	-	-	-
	P	2	-	-	-	3	-	-	-	-
1940-1959	U	-	4	2	10	8	2	1	3	1
	P	-	-	-	-	1	2	-	2	-
1960-1979	U	6	11	3	41	37	12	7	8	4
	P	-	-	-	4	3	3	3	4	2
1980-2006	U	7	6	10	36	21	14	15	8	6
	P	2	-	1	12	2	7	4	6	1
>2007	U	4	1	0	4	3	7	2	2	-
	P	1	-	1	-	1	1	2	3	2
	TOTAL	**22**	**25**	**17**	**112**	**90**	**49**	**34**	**36**	**16**

Donde:
COR: A Coruña; BIL: Bilbao; VLL: Valladolid; MAD: Madrid; BCN: Barcelona; ALC: Alicante; MAL: Málaga; SEV: Sevilla; LPA: Las Palmas de Gran Canaria. U: viviendas unifamiliares; P: edificios de viviendas plurifamiliares.

Tabla I. Distribución de la muestra.

Evaluación de la permeabilidad y repercusión energética

La evaluación de la permeabilidad de la envolvente se ha realizado de acuerdo al método B (ensayo de la envolvente del edificio) descrito en la norma UNE-EN 13829 (AENOR, 2002), para la determinación de la estanqueidad al aire en edificios por el método de presurización por medio de ventilador, comúnmente conocido como Blower Door Test.

Para la consecución de los ensayos se ha desarrollado un protocolo común, en el cual se especifica la correcta ejecución de los procedimientos experimentales y captura de datos, con el fin de que todos los casos fueran analizados de un modo sistemático y uniforme. Un total de nueve universidades con 11 equipos han participado en la caracterización y ensayo de los casos requeridos en campañas llevadas a cabo a lo largo de 2016 y 2017.

Se han llevado a cabo conjuntos de mediciones tanto a presurización como a despresurización en el volumen interno del *espacio deliberadamente acondicionado* de las viviendas. En el caso de edificios de viviendas plurifamiliares, se ha medido la permeabilidad al aire de cada vivienda de forma individual. Durante el ensayo todas las aberturas intencionadas de la envolvente se han cerrado, permaneciendo mientras las puertas de interconexión abiertas. Mediante un test automatizado, se han tomado un total de 10 puntos de dato, con incrementos de 6 Pa en el rango 11-65Pa (Figura 1). La curva de infiltración se calcula del siguiente modo (Ecuación 1):

$$V_{env} = C_{env}(\Delta p^{n}) \qquad (1)$$

Donde:

V_{env} es la relación del flujo del aire a través de la envolvente del edificio, o caudal [m^3/h]

C_{env} es el coeficiente del flujo de aire [$m^3/(h \cdot Pa^n)$]

Δp es el diferencial de presión inducida [Pa]

n es el exponente del flujo del aire (0,5 - 1 para un flujo turbulento o laminar) [-]

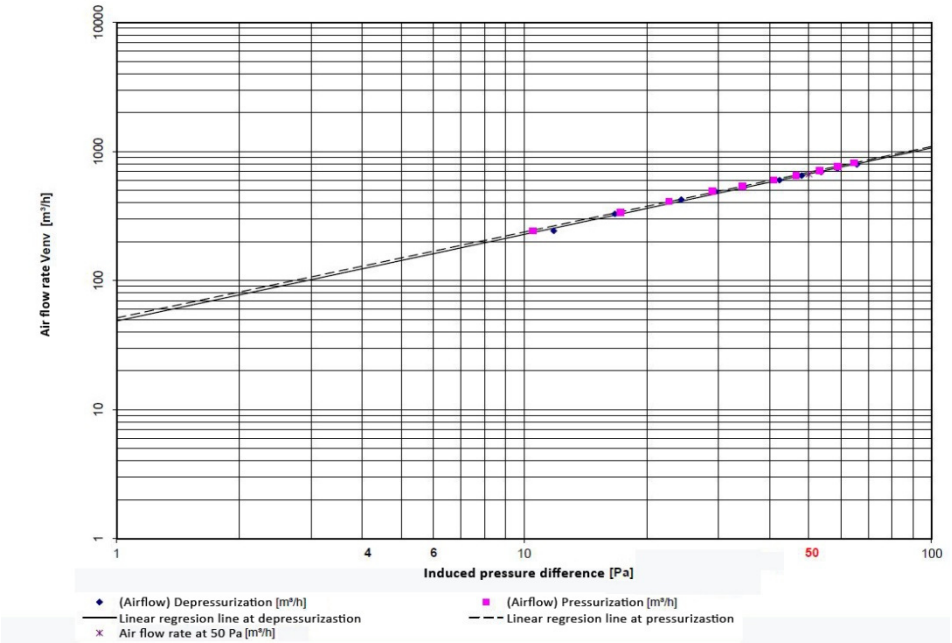


Figura 1. Gráfica tipo del ensayo Blower Door: caudal a diferentes gradientes de presión.

A partir de la ley de potencia indicada, es posible obtener otros parámetros de interés, tomando como referencia un gradiente de presión de 50 Pa:

- V_{50}: relación del aire filtrado, con una presión de 50 Pa [m^3/h], obtenida a partir de $C_{env}(50)^n$
- n_{50}: relación del cambio de aire con una presión de 50 Pa [h^{-1}], obtenida a partir de V_{50}/V, y siendo V el volumen interno de la vivienda [m^3].
- q_{50}: permeabilidad al aire con una presión de 50 Pa [$m^3/(h \cdot m^2)$], obtenida a partir de V_{50}/A_F, siendo A_F la superficie de la vivienda [m^2].

Si bien estos parámetros permiten comparar los resultados entre viviendas, el gradiente de presión referencial a 50 Pa no refleja la situación real de filtración a la que se someten las viviendas. La estimación de la filtración real es compleja, dado que las condiciones de viento y temperatura a lo largo del año son difíciles de prever y los ensayos habituales tampoco dan información precisa relacionada con la distribución de los focos de infiltración.

Existen diferentes modelos de cálculo con grados de complejidad y fiabilidad variables, desde los cálculos más complejos realizados con programas de simulación numérica, que tienen en cuenta las condiciones climáticas a nivel horario, hasta los modelos más simplificados que asumen una distribución uniforme de los focos y filtraciones medias constantes a lo largo del tiempo. En este caso, dado que el estudio supone una primera aproximación al impacto energético de la filtración de aire en España, se ha optado por desarrollar un modelo simplificado.

Un modelo sencillo, de origen incierto (Sherman, 1987) pero muy extendido en la comunidad científica es la estimación de Persily-Kronvall (Ecuación 2), que asume una relación lineal entre la permeabilidad a 50 Pa y la infiltración media anual.

$$q_{inf} = \frac{q_{50}}{20} \qquad (2)$$

Donde:

q_{inf} es el caudal medio de infiltración a lo largo del año [$m^3/(h \cdot m^2)$]

q_{50} es la permeabilidad al aire con una presión de 50 Pa [$m^3/(h \cdot m^2)$]

Sherman (Sherman, 1987) desarrolló posteriormente este modelo, manteniendo la asunción de una relación lineal entre la permeabilidad a 50 Pa y la infiltración (Ecuación 3), pero ajustándolo en función de las condiciones climáticas locales, tipo de puntos de filtración, altura del edificio y grado de protección (Ecuación 4).

$$q_{inf} = \frac{q_{50}}{\mathrm{N}} \qquad (3)$$

$$\mathrm{N} = \mathrm{C} \cdot cf_1 \cdot cf_2 \cdot cf_3 \qquad (4)$$

Donde:

N es una constante

C es el factor climático, obtenido por asimilación a los climas de EEUU comparativamente en función de la temperatura media y velocidad del viento.

c_{f1} es el factor de correlación de alura del edificio. Se ha tomado igual a 1, considerando que este factor en la fórmula original se aplica únicamente a viviendas unifamiliares.

c_{f2} es el factor de correlación del grado de protección. Se ha tomado igual a 1, correspondiente a un grado de protección normal.

c_{f3} es el factor de correlación del tipo de abertura de infiltración, relacionado con el exponente *n*. Se ha tomado igual a 1, correspondiente a aberturas medias (*n = 0,60).*

Una vez conocido el caudal medio de infiltración a lo largo del año, se ha procedido a calcular el impacto energético que supone la falta de hermeticidad de la envolvente. De nuevo, se ha adoptado un modelo de cálculo simplificado (Ecuación 5), evaluando la repercusión energética de las infiltraciones como producto del caudal de infiltración, la capacidad específica del aire y la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de la vivienda (C. Younes et. al, 2012).

$$Q_{inf} = V_{inf} \cdot C_p \cdot G_t \qquad (5)$$

Donde:

Q_{inf} son las pérdidas anuales de energía por infiltración de aire [kWh/a], correspondientes a las pérdidas anuales de calefacción (Q_{infC}) y refrigeración (Q_{infR}).

V_{inf} es la relación del flujo del aire a través de la envolvente del edificio, o caudal [m^3/h]

C_p es la capacidad específica del aire 0,34 Wh/m^3K

G_t son los grados hora anuales [kKh/a]. Se calcula tanto para calefacción (G_{tC}) con una temperatura base de 21°C, como para refrigeración (G_{tR}) con temperatura base de 25°C.

Por extensión, es posible calcular la relación del flujo de aire V_{inf} a partir de la relación del flujo a 50 Pa obtenida en el ensayo, aplicando de nuevo el modelo de Sherman (Ecuación 6).

$$V_{inf} = \frac{V_{50}}{\mathrm{N}} \qquad (6)$$

RESULTADOS

En la Tabla II y figura 2 se detallan los resultados obtenidos para cada una de las ciudades en las que se ha llevado a cabo el estudio. Los resultados expresan las pérdidas anuales de energía por infiltración de aire (kWh/a) tanto para calefacción como para refrigeración, promediadas por m^2.

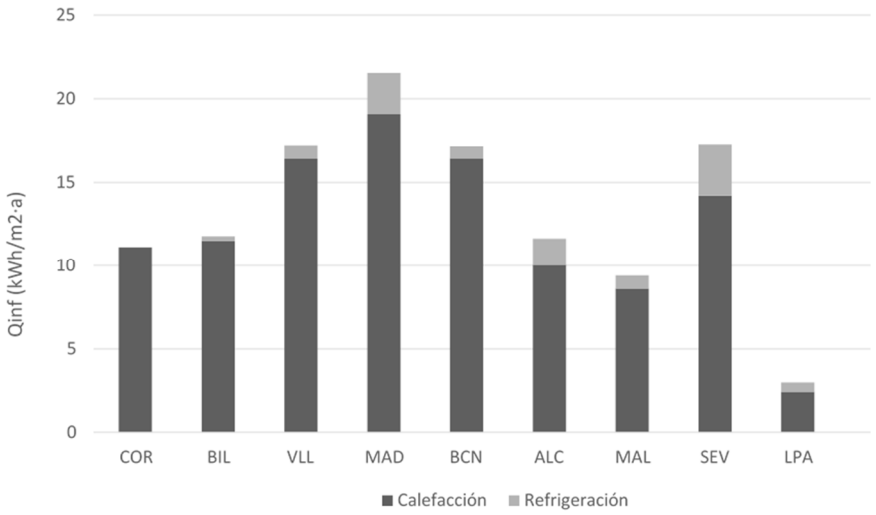


Figura 2. Pérdidas anuales de energía debidas a la infiltración.

	Ud.	COR	BIL	VLL	MAD	BCN	ALC	MAL	SEV	LPA
V_{50}	m^3/h	1180	810	1231	1713	2082	1878	1415	1841	2062
n_{50}	h^{-1}	4,61	4,67	4,99	7,29	9,73	7,78	6,89	8,88	5,43
q_{50}	$m^3/(h \cdot m^2)$	3,58	3,47	3,76	5,93	7,49	6,26	5,16	6,81	4,6
A_F	m^2	104,5	70,28	97,3	97,0	87,9	96,35	83,71	84,83	149,73
N	-	19	20	21	20	22	22	23	20	19
V_{inf}	m^3/h	62,14	40,53	58,65	85,69	94,64	85,38	61,53	92,07	108,52
G_{tC}	kKh/a	54,89	56,86	80,09	63,48	44,90	33,24	34,46	38,50	9,86
G_{tR}	kKh/a	0,12	1,32	3,91	8,21	1,99	5,30	3,12	8,30	2,21
Q_{infC}	kWh/a	1160	784	1597	1849	1445	965	721	1205	364
Q_{infC}/m^2	$kWh/m^2 \cdot a$	11,10	11,15	16,41	19,07	16,44	10,02	8,61	14,21	2,43
Q_{infR}	kWh/a	3	18	78	239	64	154	65	260	81
Q_{infR}/m^2	$kWh/m^2 \cdot a$	0,02	0,26	0,80	2,47	0,73	1,60	0,78	3,06	0,54
Q_{inf}	kWh/a	1162	802	1675	2089	1509	1119	786	1465	445
Q_{inf}/m^2	$kWh/m^2 \cdot a$	11,12	11,41	17,22	21,53	17,17	11,61	9,39	17,27	2,97

Tabla II. Resultados.

Es necesario tener en cuenta que, en las viviendas plurifamiliares, el ensayo de presurización no permite discernir entre la infiltración que se produce a través de la fachada, con la producida en paramentos en contacto con espacios calefactados (otras viviendas) o no calefactados (zonas comunes del edificio). Tomando el valor total de filtración, se estarían tomando en todo caso los valores más desfavorables.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente estudio puede extraerse el enorme impacto que supone la infiltración de aire a través de la envolvente en España. Esta repercusión energética incide de manera más acusada en la demanda de calefacción, mientras que el impacto para refrigeración puede llegar a ser residual, como en los casos de A Coruña o Bilbao. Se han obtenido valores de hasta 19 $kWh/m^2 \cdot a$ de impacto energético correspondiente a calefacción en el caso de Madrid, mientras que, en ciudades con un clima más suave como Las Palmas de Gran Canaria, el valor se reduce a 2,4 $kWh/m^2 \cdot a$. Estos resultados están en la línea de anteriores investigaciones, que indicaban que la falta de hermeticidad de la envolvente puede incrementar la demanda de calefacción de 5 a 20 $kWh/m^2 \cdot a$ en países con climas templados (Spiekman, 2010). En países como Bélgica o Alemania, se estima que las infiltraciones suponen un 10% del consumo de energía, mientras que en Francia se calcula que la repercusión en el consumo de calefacción se encuentra

entre 2 y 5 kWh/m^2·a por unidad de n_{50} (Guyot et. al, 2010). La repercusión energética de la infiltración de aire en los edificios residenciales de España es una cuestión a considerar necesariamente dada su demostrada relevancia. Para el cumplimiento de la Directiva Europea 2018/844, parece indispensable la renovación del parque de viviendas existente y su transformación en edificios de consumo de energía casi nulo, prestando especial atención a la hermeticidad de la envolvente arquitectónica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo presenta resultados obtenidos en el proyecto de investigación INFILES: Repercusión energética de la permeabilidad al aire de los edificios residenciales en España: estudio y caracterización de sus infiltraciones, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España (ref. BIA2015-64321-R).

REFERENCIAS

- AENOR, UNE-EN 13829:2002. Aislamiento térmico. Determinación de la estanqueidad al aire en edificios. Método de presurización por medio de ventilador. (ISO 9972:1996, modificada), 2002.
- Comisión Europea, Directiva (UE) 2018/844 por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética, 2018.
- Fernández-agüera, J., Sendra, J.J., Suárez, R. & Oteiza, I., Airtightness and indoor air quality in subsidised housing in Spain, en: 36th AIVC Conf. " Eff. Vent. high Perform. Build., Madrid, Spain, 2015. http://www.aivc.org/resource/airtightness-and-indoor-air-quality-subsidised-housing-spain.
- Guyot, G., Carrié, R. & Schild, P., Stimulation of good building and ductwork airtightness through EPBD, 2010. www.asiepi.eu.
- Jiménez Tiberio, A. & Branchi, P., A study of air leakage in residential buildings, en: 2013 Int. Conf. New Concepts Smart Cities Foster. Public Priv. Alliances, Gijón, 2013: pp. 1-4. doi:10.1109/SmartMILE.2013.6708180.
- Ministerio de Fomento del Gobierno de España, Código técnico de la Edificación (CTE), Spain, 2017. https://www.codigotecnico.org/.
- Montoya, M.I., Pastor, E., Carrié, F.R., Guyot, G. & Planas, E., Air leakage in Catalan dwellings: Developing an airtightness model and leakage airflow predictions, Build. Environ. 45 (2010) 1458-1469. doi:10.1016/j.buildenv.2009.12.009.
- Sherman, M.H., Estimation of infiltration from leakage and climate indicators, Energy Build. 10 (1987) 81-86. doi:10.1016/0378-7788(87)90008-9.
- Spiekman, M., ASIEPI. The final recommendations of the ASIEPI project: How to make EPB-regulations more effective?, 2010. https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/asiepi_access_the_results._en.pdf.
- Younes, C., Shdid, C. a. & Bitsuamlak, G., Air infiltration through building envelopes: A review, J. Build. Phys. 35 (2012) 267-302. doi:10.1177/1744259111423085.

EJEMPLO DE EDIFICIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR SOSTENIBLE, SOLO EMPLEANDO AEROTERMIA DE ÚLTIMA GENERACIÓN, COMPACTA EN CLIMATIZACIÓN Y DEDICADA PARA AGUA CALIENTE SANITARIA

Domingo González Arias, Key Account, Saunier Duval (Vaillant Group)

Resumen: El Edificio Mirasierra objeto de este artículo, es un proyecto ejemplar de sostenibilidad, diseño, adaptabilidad y confort, con el mejor equilibrio entre los costos de ejecución y uso. Se trata de un edificio residencial multifamiliar en bloque de 4 plantas con una piscina en la cubierta. Está ubicado en c/ Pedro Laín Entalgo 11, Boadilla del Monte (Madrid). Cuenta con 10 viviendas y cada una es una parcela individual en altura entre los forjados. Su diseño permite que los usuarios personalicen su vivienda, manteniendo una serie de condiciones generales: suelo radiante (para calefacción y refrigeración), pilares con luz de seis metros para que los coches se muevan cómodamente, que el sótano respire por si hay un incendio que no pase nada al estar ventilado y muy interrelacionado con el jardín, aleros grandes y blancos para proteger del sol en verano pero que deje entrar la luz en invierno, escalera ventilada sin gasto en carpintería, que el ascensor sea grande y pueda ser usado por una persona con bicicleta, que las carpinterías sean muy grandes, y evitar que al asomarse dé la sensación de estar en un acantilado etc.. En definitiva, se ha conjugado las ventajas de los edificios unifamiliares y multifamiliares, empleando una sola fuente de energía, que para los servicios de climatización y ACS es mayoritariamente renovable, en la que destaca la sencillez de instalación y uso, así como un óptimo gasto en energía.

Palabras clave: Independencia, Unifamiliar, Aprovechamiento, Recursos

EDIFICIO RESIDENCIAL EN EL PRESENTE QUE CUMPLEN LAS EXIGENCIAS MEDIOAMBIENTALES Y DE HABITABILIDAD DEL FUTURO

Los edificios son los causantes de una cantidad muy importante de emisiones contaminantes, desde la fabricación de los materiales utilizados, pasando por los recursos empleados para su construcción, recogida y acumulación de desperdicios, así como durante su uso, incluido la reposición de equipos o reformas que tanto gustan hacer. El reto que nos proponemos es la optimización de todos los recursos (en ejecución y utilización), que el usuario se sienta tan satisfecho que no tenga la necesidad de ningún cambio y que alcance su bienestar con el mínimo costo.

INTRODUCCIÓN

Se ha diseñado y posteriormente construido bajo las siguientes premisas:

- El elemento principal de diseño y protección, son los grandes aleros de losas de hormigón en blanco como elemento pasivo que protege al edificio de la radiación directa en verano y aprovecha la energía solar en invierno.
- Se busca que los muros opacos sean anchos (37 cm de espesor) y con buen aislamiento para evitar pérdidas. Se componen de: un pie de ladrillo, cámara con tratamiento térmico acústico mediante sistema Fixrock y paneles de lana de roca adheridos tipo 211 Fixrock de 60mm de espesor, trasdosado interior autoportante Pladur Metal con aislamiento interior de lana mineral Arena de 40 mm.
- Las viviendas cuentan con una gran proporción de vidrio por lo que este es de doble acristalamiento con luna interior de baja emisividad (posición 3) con cámara de 16mm rellena de gas argón.
- Todas las viviendas tienen ventilación cruzada.
- Construcción medioambientalmente sostenible mediante la reducción de tipos de materiales para simplificar, aprovecharlos lo máximo posible y evitar que el material sea malgasto, “mínimo derroche y desperdicios”.
- Se potencia al máximo el concepto de “Eficiencia Energética” y confort, con un sistema muy probado que cuenta con más de 20 años de experiencia en Saunier Duval. Destaca su sencillez de instalación, de mantenimiento y uso, para que perdure su efectividad y eficiencia a lo largo de toda la vida. También permite alcanzar el mejor valor de “costo de funcionamiento” al que hace referencia la Directiva Europea 2012/27 y que junto a las características tan peculiares y avanzadas del diseño arquitectónico, compacidad etc. se consigue el objetivo del “costo óptimo” al que hace referencia la nueva Legislación. Este sistema se describirá en su apartado correspondiente.
- El aparcamiento se busca que esté ventilado naturalmente para evitar problemas de humos y favorecer la introducción de aire y luz como ocurre en el resto del edificio.
- El edificio aprovecha las cuatro orientaciones buscando en cada caso el soleamiento ideal.

- Con todo ello se ha conseguido un costo de venta muy ajustando dado que se trata de una promoción en cooperativa.

El Proyecto

El edificio está situado en la zona climática D3 en la localidad de Boadilla del Monte, Madrid. Dispone de una superficie de parcela de 1018m^2, con una superficie construida de 1892,68 m^2/c.

Consta de 10 viviendas, divididas en 3 alturas (más planta baja), en un único bloque con un núcleo de escaleras.

Figura 1. Fachada principal Edificio Mirasierra.

Figura 2. Detalle de los aleros del Edificio Mirasierra.

Los coeficientes de transmitancia (W/m2K) principales que se han empleado en el cerramiento exterior son:

Cubierta	0,27
Fachadas	0,27
Pared con el terreno	3,33
Forjado al aire	0,35
Hueco tipo ventana	1,10 (factor solar de 0,31)

Descripción del sistema adoptado para la climatización y producción de agua caliente sanitaria (ACS)

Se ha optado por una solución única con aerotermia individual para climatización. Este sistema con su regulación autoadaptativa, modulante y comunicación eBus, es el que mejor se adapta a las necesidades que cada usuario, con total independencia para seleccionar calefacción o refrigeración y el grado de confort. Separamos los equipos por servicio, la climatización mediante aerotermia compacta individual y la producción de ACS por medio de aerotermia "dedicada" colectiva. Así aprovechamos lo mejor de casa sistema sin ninguna interferencia en el periodo de verano. Todos los aparatos son bomba de calor aire/agua compacta (mínima cantidad de refrigerante en los equipos y nada en la instalación) con compresor eléctrico, pero gracias a su elevado rendimiento estacional, se consigue que la energía útil aportada sea mayoritariamente energía renovable. Ello simplifica mucho el tema de acometidas de combustible al edificio, pues la única energía convencional que emplea es la electricidad y con un grado de electrificación por vivienda bajo. Además, está preparado para que cuando lo deseen los usuarios y de manera muy sencilla, se alimenten los equipos mediante electricidad proveniente de solar fotovoltaica; así será 100% renovable, cero emisiones contaminantes y cero gasto en energía para los servicios que describimos. Las características de la instalación son:

1. Climatización individual por vivienda con solución integral Saunier Duval por suelo radiante para climatizar verano/invierno con control y regulación modulante en cada vivienda y en cada local excepto los no principales. Este sistema alcanza la temperatura operativa que exige la legislación vigente, es decir, las condiciones óptimas de confort, con la mínima necesidad de energía útil.
2. Como generador de aerotermia compacta individual para climatización, se ha empleado el modelo Genia Air 5/2, con un SCOP nominal de 4,76, el modelo Genia Air 8/2, con un SCOP de 4,43, llegando a alcanzar en refrigeración el SEER hasta un 5,2. Estos equipos son autoadaptativos en potencia y temperatura, gracias a la regulación MiPro modulante y su comunicación eBus.
3. La producción de ACS es colectiva, se emplea aerotermia tipo "dedicada" de alta eficiencia, especialmente diseñada para conseguir los mejores resultados en agua caliente sanitaria, con 4 unidades de Magna Aqua 300/2C de la marca Saunier Duval, y que acumula en total 1.160 litros de agua útil.

Figura 3. Aerotermia Genia Air de la marca Saunier Duval.

4. Cada Magna Aqua tiene un depósito acumulador y una bomba de calor aire/agua (aerotermia). Este sistema en su conjunto, alcanza un altísimo rendimiento estacional y mínimo gasto en energía, por los siguientes motivos:

- La bomba de calor no se ve afectado por una climatología adversa en invierno, pues el aire lo puede recoger del interior del local donde se ubique la máquina.
- La bomba de calor está incorporada al depósito, eliminando pérdidas de distribución de la energía.
- La Bomba de calor está diseñada para alcanzar el mejor rendimiento en calor, pues es siempre lo que tiene que aportar. Además de la bomba de calor aire/agua, incorpora una resistencia eléctrica que permitirá: alcanzar más temperatura del agua del depósito para aumentar la producción o utilizarla como tratamiento antilegionela por pasteurización.
- El equipo permite monitorizarlo y recibir la alimentación de energía eléctrica procedente de solar fotovoltaica. Con ello se alcanzaría que fuese 100% renovable, ecológica y gratuita.
- Este equipo utiliza energía renovable y gracias a su gran rendimiento estacional, se ha justificado como sistema alternativo en el HE4 del CTE, sustituyendo este sistema a la instalación de energía solar térmica (se adjunta la justificación en el apartado correspondiente).

Figura 4. Aerotermia Magna Aqua 300/2C.

Justificación del sistema alternativo empleado en aplicación de DB HE4 del C.T.E.

La novedad de este estudio es que se sustituyen los captadores solares, por un sistema alternativo que es muy sencillo de instalar, utilizar y mantener pudiendo cada usuario aplicar la domótica que decida. Además, mejora los resultados medioambientales respecto a lo exigido en la normativa vigente, cumpliendo todos los requeridos de la Comunidad Autónoma de Madrid. Es el sistema que de forma más fácil, consigue que perdure su eficacia a lo largo del ciclo de vida del edificio. Seguidamente exponemos el proceso de justificación.

En la Directiva 2009/28/CE se reconoce como energía renovable, en determinadas condiciones, la energía capturada por bombas de calor, según se dice en su artículo 5 y se define en el Anexo VII: Balance energético de las bombas de calor.

Posteriormente, la Decisión de la Comisión de 1 de marzo de 2013 (2013/114/UE) establece que las bombas de calor deben considerarse como renovables siempre que su SPF sea superior a 2,5 y que la determinación del SPF (Rendimiento estacional) debe efectuarse de acuerdo con la norma EN 14825:2012 para el servicio de calefacción. Para el servicio de ACS mediante bomba de calor, la normativa indicada que determina los rendimientos es la UNE EN 16147. Dicha norma exige la realización de una serie de ensayos en función de las condiciones de temperatura exterior para el tipo de ciclo de extracción declarado (S, L, XL, etc.).

La actualización del CTE de septiembre de 2013, establece la necesidad de calcular el consumo de energía primaria de los servicios de calefacción, refigeración y ACS, a través de unos coeficientes de paso que esrarán declarados en un documento reconocido por el Ministerio.

La modificación al RITE de abril 2013, RD 238/2013, determina que se utilizarán energías renovables en los servicios de calefacción y ACS, siguiendo las exigencias del CTE, declarando los consumos de energía primaria y emisiones de CO2 justificadamente, a través de la utilización de coeficientes de paso publicados en documento reconocido por el ministerio y curvas de rendimientos de los fabricantes, con métodos reconocidos.

Desde el 14 de enero de 2016, los factores de emisión de CO2 y coeficientes de paso a energía primaria a utilizar en la justificación del CTE-HE4 vienen reflejadas en el documento reconocido "Factores de emisión de CO2 y coeficientes de paso de energía primaria de diferentes fuentes de energía consumidas en el sector de la edificación en España".

Cálculo de consumo

Nos basaremos en los datos y cálculo establecido en el HE 4 del CTE.

Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Contribución solar mínima anual para ACS en %.					
Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
> 10.000	30	50	60	70	70

DATOS DE ENTRADA ACS:	28,5	personas
Factor de centralización	0,95	
Demanda de referencia a 60ºC	28,0	Litros/per. a 60ºC
Demanda por persona	28,0	Litros/per. a 60 ºC
Demanda diaria	758,1	litros/día a 60ºC
COBERTURA SOLAR ACS	50%	según CTE-HE4

Tabla I. Datos de partida de demanda de ACS Referencia CTE.

DEMANDA ORIGINAL ACS							
	Tª. media agua red [ºC]:	*días/mes*	*litros/mes*	*Demanda kWh mensual*	*Demanda kWh con pérdidas*	*Contribución E. solar kWh*	*Demanda kWh Apoyo*
ENERO	*8*	*31*	*23501,1*	*1417,6*	*1417,6*	*708,8*	*708,8*
FEB	*8*	*28*	*21226,8*	*1280,4*	*1280,4*	*640,2*	*640,2*
MARZ	*10*	*31*	*23501,1*	*1363,1*	*1363,1*	*681,5*	*681,5*
ABRIL	*12*	*30*	*22743,0*	*1266,3*	*1266,3*	*633,2*	*633,2*
MAYO	*14*	*31*	*23501,1*	*1254,0*	*1254,0*	*627,0*	*627,0*
JUNIO	*17*	*30*	*22743,0*	*1134,4*	*1134,4*	*567,2*	*567,2*
JULIO	*20*	*31*	*23501,1*	*1090,5*	*1090,5*	*545,2*	*545,2*
AGOSTO	*19*	*31*	*23501,1*	*1117,7*	*1117,7*	*558,9*	*558,9*

SEP	*17*	*30*	*22743,0*	*1134,4*	*1134,4*	*567,2*	*567,2*
OCT	*13*	*31*	*23501,1*	*1281,3*	*1281,3*	*640,6*	*640,6*
NOV	*10*	*30*	*22743,0*	*1319,1*	*1319,1*	*659,5*	*659,5*
DIC	*8*	*31*	*23501,1*	*1417,6*	*1417,6*	*708,8*	*708,8*
ANUAL			*276706,5*	*15076,4*	*15076*	*7538*	*7538*

Tabla II. Cálculo demanda de ACS Referencia CTE.

*Demanda ACS = litros/día * 1,16 Wh/ºC * (60 - T.red) * (1 - %Cobertura solar/100)*

DEMANDA ACS TOTAL sin E. solar con pérdidas	*15076*	*kWh*
Producción E. Solar para ACS	*7538*	*kWh*
DEMANDA ACS TOTAL APOYO ACS	*7538*	*kWh*

Tabla III. Cálculo de consumo de Energía Primaria y Emisiones CO2.

Para justificar el cumplimiento del HE4 según el criterio del RITE es necesario comparar el consumo de energía primaria y emisiones de CO2 de un sistema de referencia basado en una caldera de gas de rendimiento 0,92 y el sistema alternativo propuesto. El resultado será favorable si se demuestra que en cada uno de los apartados el sistema alternativo mejora a la referencia utilizando para ello los resultados de ahorros en el servicio de ACS o ACS y calefacción tal como indica el párrafo 5 del apartado 2,2,1 "Contribución solar mínima para ACS" del CTE-HE4

Los factores de conversión de energía final a primaria especificados en el documento reconocido mencionado.

a) INSTALACIÓN DE REFERENCIA (CALDERA RENDIMIENTO 92%)

La instalación de referencia se compone de una caldera de gas del 92% de rendimiento trabajando anualmente en los servicios de calefacción y ACS considerando la cobertura solar necesaria para el cumpliminento del CTE.

RENDIMIENTO CALDERA ACS	0,92	según CTE
CONSUMO ACS ENERGIA FINAL	8193,7	kWh
Coef. Paso Gas Natural	1,195	kWh E.P. no renovable/kWh E.Final
Coef. Emisiones CO2 GN	0,252	Kgr/kWh
CONSUMO ENERGIA PRIMARIA	**11636,8**	**kWh**
Emisiones totales CO2	**2322,7**	**Kgr CO2**

b) INSTALACIÓN ALTERNATIVA

La instalación alternativa se compone de un equipo bomba de calor aerotérmico, dedicado a ACS, con rendimiento
estacional superior a 2,5 según justificación en anexo utilizando la norma UNE EN 16147

b.1) Cálculo ACS a 60 ºC

BOMBA DE CALOR ACS	**MAGNA AQUA 300 2/C**	
Nº de unidades:	4	
DEMANDA ACS TOTAL sin contribución solar	15076	kWh

b.2) Resultado contribución bomba de calor según UNE EN 16147

Rendimiento estacional bomba de calor	**SCOP UNE EN 16147**

SCOP - ACS	**3,21**	
CONSUMO ENERG. FINAL ACS MAGNA AQUA	4702	kWh
Coef. Paso Electricidad	2,368	kWh E. P./kWh E. Final
CONSUMO ENERGIA PRIMARIA	11135	kWh
Coef. Emisiones CO2	0,331	KgrCO2/kWh
Emisiones totales CO2	1556	Kgr CO2

NOTA IMPORTANTE: La norma UNE EN 16147:2017, en el punto 7.14.2, permite obtener el rendimiento estacional para diferentes zonas climáticas a partir de ensayos de ciclos de extracción de ACS, según tabla 4 de dicha norma y etiquetado L, XL, S, etc., contemplando en todos los casos, las pérdidas térmicas del acumulador dentro del consumo obtenido.

b.3) Resultado contribución apoyo eléctrico

TIPO DE APOYO	**EFECTO JOULE**	
CONSUMO ENERGÍA FINAL ACS APOYO	0	kWh
CONSUMO ENERGIA PRIMARIA	**0**	**kWh**
Emisiones totales CO2	**0**	**Kgr CO2**

c) Comparativo entre sistema de referencia y sistema alternativo

CALEFACCIÓN Y ACS:	**OPCIÓN con ACS solar**	**OPCIÓN con ACS Aerotérmica**	**DIFERENCIA**	**[ ]**	**RESULTADO**
DEMANDA TOTAL CAL + ACS - E.Solar	7.538	15.076			
CONSUMO ENERGIA PRIMARIA	11.637	11.135	501,5	kWh	**CUMPLE**
Emisiones totales CO2	2.323	1.556	766,3	Kgr CO2	**CUMPLE**
Rendimiento sobre Ep	130%	135%	5,8%	%	

RESULTADOS

Los ratios obtenidos por m2 y año de energía primaria NO renovable (consumida por el edificio y para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS), que no ha sufrido ningún proceso de conversión o trasformación, es de 28,46 kWh/m2 año. Corresponden a unos indicadores parciales de: en calefacción: 11,09 kWh/m2 año, en refrigeración: 5,6 kWh/m2 año, en ACS: 11,77 kWh/m2 año. El ratio de emisiones globales de CO2 es de 3,98 kg CO2/m2 año.

CONCLUSIONES

Los gastos que se prevén en el uso de la climatización son de aproximadamente 2,4 €/m2 año. Queremos destacar que todo ello se ha conseguido con un costo de instalación total (incluido el ACS hasta entrada a viviendas) de 90.000,0 €. Colocando los captadores fotovoltaicos necesarios, se conseguirá que sea 0,0 € el costo de la energía para estos servicios y 0,0 las emisiones.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a GESVIECO promotora que ha hecho posible este edificio. También al autor del proyecto de arquitectura que es el arquitecto D. Juan Ignacio Mera González y a todo su excelente equipo del estudio MH 10, a la ingeniería VALLADARES INGENIEROS, a la empresa constructora GENEO POLAND S. L. y a la empresa instaladora HISPANOGAS. Todos han sido piezas claves en la consecución del fin que nos hemos propuesto, para beneficio y satisfacción de los usuarios.

OTIUM PERNET, VIVIENDAS DE CONSUMO ENERGÉTICO CASI NULO QUE INCORPORAN INVESTIGACIONES DE ACTUALIDAD EN GENERACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES Y DOMÓTICA

Salvador Merino Córdoba, Prof. Titular de Universidad, IDEE, Universidad de Málaga
Francisco Guzmán Navarro, Prof. Titular de Universidad, IDEE, Universidad de Málaga
Miguel Ángel Martínez Bohórquez, Prof. Titular de Universidad, Universidad de Huelva
Sergio Gómez Melgar, Prof. Asociado, Dr., Universidad de Huelva
José Andrés Gil Ávila, CEO, Otium Home
Álvaro de Luna Albella, Arquitecto, Estudio de Luna
José Manuel Andújar Márquez, Catedrático, Universidad de Huelva

Resumen: A partir de un nuevo concepto de vivienda sostenible, se está llevando a cabo la construcción de un conjunto de 4 villas de lujo boutique, vanguardistas, eco-eficientes y de diferente diseño, enclavado en el entorno privilegiado del Triángulo de Oro, Marbella-Estepona-Benahavis (Costa del Sol, España). Para el diseño y construcción de las viviendas se está aplicando metodologías surgidas de la investigación en eficiencia energética, energías renovables y domótica desarrollada en las Universidades de Málaga y Huelva. Este trabajo muestra dicha metodología que desarrolla el diseño, proyecto y construcción de edificios de consumo de energía mínimo en clima subtropical, mucho más complejo de tratar que aquellos que se desarrollan en climas fríos o tropicales, y presenta un ejemplo práctico de aplicación.

Palabras clave: Vivienda, Sostenibilidad, Energía, Eficiencia, Domótica, Construcción

INTRODUCCIÓN

El sector de la edificación es responsable de aproximadamente el 40% del consumo total de energía en la Unión Europea (UE). Este porcentaje puede ser extrapolado prácticamente a casi cualquier zona desarrollada del planeta, de ahí que el análisis de la problemática de reducción del consumo de energía en la edificación sea un asunto de la máxima actualidad. Sin embargo, la mayoría de los estudios que se llevan a cabo se centran en el análisis del problema en latitudes con clima frío [1,2]. En él, la mayor parte del año el problema a resolver es evitar que el calor escape del edificio. Del mismo modo, en clima tropical o muy cálido el problema a resolver es el contrario, esto es, evitar que el calor exterior entre en el edificio [3,4]. Sin embargo, en clima subtropical templado, como es el caso de los países ribereños del mar Mediterráneo, el problema a resolver es mucho más complejo, ya que, dependiendo de la época del año, el flujo del calor a través de la envolvente del edificio se mueve hacia dentro o hacia afuera, de modo que el edificio ha de funcionar unos meses del año como en clima frío y otros como en clima tropical. Lograr esto desde un punto de vista únicamente arquitectural, con criterios pasivos, no es sencillo, ya que en el caso de una vivienda por ejemplo, el aislamiento provoca que en los meses cálidos las propias cargas internas generadas por radiación solar, iluminación artificial, electrodomésticos, cocina, ocupación, etc., agraven el problema.

Otium Pernet ha hecho suya la reciente metodología uhuMEB [5], que propone el diseño, construcción y operación de edificios de consumo de energía mínimo (MEB) en clima subtropical. El concepto MEB (mínimum energy building) generaliza el comercial nZEB (near zero energy building), que a su vez es una concreción del más antiguo ZEH (zero energy house) [6], actualizado hace unos pocos años como ZEB (zero energy building o incluso net zero energy building) [7]. El concepto MEB es de aplicación a un edificio de consumo de energía mínimo, de consumo neto de energía cero o incluso generador neto de energía, siempre y cuando el edificio esté optimizado arquitecturalmente desde un punto de vista pasivo, esto es, sin tener en cuenta las instalaciones; por tanto y utilizando la nomenclatura al uso, un MEB es en su escalón más bajo un nZEB. A partir de aquí y empleando exclusivamente sistemas de energía renovable, el MEB puede llegar a consumo neto nulo o a generar más energía de la que consume. Esto quiere decir que en un edificio Otium Pernet el desperdicio de energía no está permitido, incluso si ésta es producida de forma renovable. Operar un edificio desperdiciando energía, además de ser una práctica medioambiental incorrecta, puede incrementar el coste del edificio, la complejidad de sus instalaciones y sus costes de mantenimiento.

El proyecto y construcción de un edificio Otium Pernet requiere un compromiso entre arquitectura e ingeniería, con una concepción global del proceso, sin parches ni compartimentos estancos, sino trabajando en equipo bajo una estrategia holística que permita conseguir la máxima sinergia entre todo lo concerniente al edificio: envolvente,

instalaciones, domótica, análisis de datos, etc. El edificio Otium Pernet, gracias a su excelente envolvente protectora, lleva a cabo el mejor aprovechamiento de la energía del sol, e incluso del calor corporal de sus habitantes y el residual de sus electrodomésticos en los meses fríos, pero a la vez, gracias a su diseño y control domótico, extrae ese calor ya no deseable en los meses cálidos y aísla la vivienda del calor ambiente, lo cual permite cumplir el funcionamiento esperado de un edificio en clima subtropical.

Este trabajo se centrará en aspectos metodológicos que permitan comprender el procedimiento y las exigencias del mismo para que el resultado final (edificio entregado y operado) cumpla los requisitos de diseño y proyecto. Por supuesto, dependiendo del proyecto, las soluciones constructivas y de instalaciones podrán ser diferentes, aunque eso sí, los parámetros de eficiencia energética a cumplir y desgranados en este trabajo han de ser satisfechos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los requisitos energéticos del edificio *Otium Pernet* se recogen en la Tabla I.

DISEÑO DE ARQUITECTURA (BIM LOD 200)	**2. DISEÑO DE INGENIERÍA: INSTALACIONES Y SISTEMAS** (BIM LOD 300)	**3. CONSTRUCTION** (BIM LOD 400)	**REQUISITOS OTIUM PERNET** (VALORES DE PARÁMETROS)
SOLEAMIENTO			Sin ganancias solares
TRANSMITANCIA ENVOLVENTE TÉRMICA	**Demanda de CVA por diseño < 10 kWh/m² año**		Ue < 0.3 Wm²/K
FACTOR DE FORMA			F < 0.8 m²/m³
ESTANQUEIDAD DE LA ENVOLVENTE			Sin puntos de infiltración
VENTILACIÓN NATURAL			S_{of} > 0.05
ILUMINACIÓN NATURAL			S_{gf} > 0.1
	CVA	**Demanda total de energía primaria por diseño < 80 kWh/m² año**	< 10 kWh/m² año
	ACS		100% renovable
	ELECTRODOMÉSTICOS		≥ A++
	ILUMINACIÓN		≥ A++
	DOMÓTICA		Acordes al proyecto y cliente*
	SER		Las disponible en el lugar
		ENSAYO VALOR U	U_e < 0.3 Wm²/K
		ENSAYO TERMOGRÁFICO ENVOLVENTE	Sin puentes térmicos
		ENSAYO ESTANQUEIDAD ENVOLVENTE	Valor n_{50} < 0.6 h^{-1}
		ENSAYO INSTALACIONES Y SISTEMAS	Trabajando acordes con parámetros OTIUM PERNET

*A partir del mínimo requerido para el control energético de la casa.

Tabla I. Parámetros energéticos de los edificios Otium Pernet.

Desde la fase de diseño, el proyecto se enmarca en el concepto BIM (building information modeling) o modelo de información para la edificación [8]. BIM es ya un estándar de facto configurado en base a potentes herramientas informáticas que permiten tomar decisiones en tiempo real en todas las fases: proyecto, construcción y operación del edificio. Basado en el estándar BIM, el LOD (level of development) de cada una de las etapas presentadas en la Tabla I es 200 (representado como un sistema objeto o montaje genérico, con cantidades, tamaños, formas, localizaciones y orientaciones aproximadas), 300 (representado como un sistema objeto o montaje específico, con cantidades, tamaños, formas, localizaciones y orientaciones también especificadas) y 400 (representado como un sistema objeto o montaje específico, con cantidades, tamaños, formas, localizaciones y orientaciones también especificadas; además contiene información detallada de fabricación, montaje e instalación). Las columnas de la Tabla I representan una metodología de obligado cumplimiento secuencial, de modo que hasta que no se satisfagan los requerimientos energéticos de la columna 1 no se puede pasar a la 2, y así sucesivamente. Por supuesto y aunque sería lo ideal, el recorrido de columna a columna no será siempre de izquierda a derecha durante todo el proyecto, ya que a veces será

necesario volver atrás para rediseños. Piénsese por ejemplo en el caso que como consecuencia de un requerimiento concreto de sistemas de energías renovables (SER), hubiera que volver de la columna 2 a la 1 para rediseñar arquitecturalmente por falta de espacio en cubiertas. Los parámetros reflejados en la última columna de la Tabla I cuantifican los criterios cualitativos publicados en la Directiva de la UE 2018/31/UE, que modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética. Como se sabe, los respectivos gobiernos europeos aún no han llevado a cabo cuantificaciones al respecto, con lo cual, hoy en día se suele trabajar, en el mejor de los casos, con parámetros suministrados por institutos privados, como Passivhaus, por ejemplo. Los parámetros con los que trabaja Otium Pernet en sus edificios son aún más restrictivos que los publicados por los institutos privados actuales de referencia. A continuación, se analizan cada una de las etapas (columnas) de la Tabla I.

Diseño de arquitectura

Los parámetros y sus valores son los siguientes: soleamiento (se han de evitar ganancias solares por radiación directa durante los meses cálidos y se ha de provocar justamente lo opuesto durante los meses fríos); transmitancia de la envolvente térmica Ue (valor U combinado de la envolvente abierta y opaca) menor de 0.8 m2/m3; factor de forma F (ratio entre la envolvente exterior y el volumen interno encerrado) menor de 0,8 m2/m3; estanqueidad de la envolvente sin puntos de infiltración, de modo que se obtengan menos de 0,6 renovaciones de aire por hora a 50 pascales de presión diferencial en un ensayo de estanqueidad; ventilación natural Sof, mayor de 0,1 m2/m2, medida como el ratio entre superficie construida y practicable mayor de 0,05 m2/m2; e iluminación natural Sgf, medida como el ratio entre superficie acristalada y construida mayor de 0,1 m2/m2 .

Diseño de ingeniería: instalaciones y sistemas

La mayor parte de las instalaciones y sistemas han de ser diseñados, aunque otros serán directamente adquiridos, como electrodomésticos y lámparas de iluminación, por ejemplo. Respecto a calefacción, ventilación y aire acondicionado (CVA), el mercado ofrece muchas y variadas soluciones, pero, independientemente de cuál sea la elegida, el gasto energético total de diseño por este concepto ha de ser menor de 10 kWh/m2 año. Si el edificio aspira a ser de consumo de energía neta nula o incluso productor neto de energía, merece la pena explorar soluciones basadas en energías renovables o mixtas. Tal es el caso de los sistemas de ventilación (introducen aire fresco en viviendas con poca ventilación natural debido a su aislamiento) con recuperador de calor trabajando de forma conjunta con un sistema de energía geotérmica, bien mediante pozo geotérmico o mediante colectores colocados de forma plana a poca profundidad (geotermia de baja entalpia), por ejemplo, en la parcela de la vivienda o edificio o, si no hubiera disponible tal espacio, justo debajo de su cimentación, aprovechando la excavación realizada para ello. Es más, la calefacción, ventilación y aire acondicionado de una vivienda puede ser resuelta en un circuito combinado, acoplando diferentes sistemas con el control adecuado; tal es el caso cuando un sistema geotérmico se conecta como previo a otro, un fan-coil (intercambiador agua-aire y un ventilador) por ejemplo, con objeto de proporcionar sin apenas gasto energético la mayor parte del salto térmico preciso para climatizar o ventilar sin introducir frío o calor desde el exterior. Otra solución para generar el salto térmico necesario sin apenas gasto energético es la climatización evaporativa, que prescinde del compresor, elemento de mayor consumo en una instalación de climatización convencional. El problema puede ser en función de la ubicación del edificio, dado que este tipo de instalaciones no funcionan bien en climas húmedos, debido a que es preciso secar permanentemente el aire del recinto que se pretende climatizar, ya que se está humedeciendo continuamente el ambiente.

Dicho lo anterior, hay múltiples soluciones para resolver el CVA de un edificio a costes energéticos muy bajos. En general y siempre que sea posible, en climas subtropicales es muy recomendable la geotermia de baja entalpia. Ello se debe a que es posible alcanzar, con un coste energético muy bajo (el rendimiento de una bomba geotérmica es muy alto, con un coeficiente de eficiencia energética estacional, SCOP, entre 4 y 5), la temperatura anual media del lugar como temperatura constante del edificio durante todo el año [9]. A partir de esta temperatura, supóngase por ejemplo 18 ºC en un lugar determinado, se necesita un coste energético muy bajo para suministrar el salto necesario que permita alcanzar una temperatura ambiental de confort de entorno a poco más de 20 ºC durante todo el año.

Respecto al agua caliente sanitaria (ACS), ésta ha de ser producida en los edificios Otium Pernet de forma completamente renovable, bien mediante captadores solares planos, bien trabajando éstos de forma conjunta con el CVA o, en edificios donde el problema de espacio para instalaciones es un hándicap, mediante energía aerotérmica (uso de la expansión-comprensión de un gas para calentar o enfriar agua). Por otra parte, aunque los electrodomésticos e iluminación están dentro de la fase de diseño de ingeniería, la mayoría de las veces solo se

requerirá adquirirlos en el mercado, cumpliendo, eso sí, los requerimientos de eficiencia energética especificados en la Tabla I.

En cuanto a la domótica, el concepto Otium Pernet abarca todo lo concerniente al sistema de automatización y control, así como a la toma de datos y su procesamiento, lo que constituye un elemento clave para evaluar en el tiempo que el funcionamiento del edificio se ajusta a lo diseñado y ofrecido al cliente. Es más, la toma y análisis de datos es fundamental para poder realizar un mantenimiento predictivo del edificio. En un edificio Otium Pernet la toma de datos mínima consiste en temperatura y humedad relativa en cada estancia, calidad del aire interior, temperatura, radiación solar y humedad relativa en el exterior, así como consumo de cada circuito eléctrico. La necesidad de la domótica en la metodología implica que su consumo sea considerado como energía primaria.

Por último, los sistemas de energía renovable (SER), dependen, en cuanto a su naturaleza, de la disponibilidad natural en el lugar del edificio (fotovoltaica, solar térmica, eólica, geotérmica, etc.), y en cuanto a su dimensionado, del grado de independencia energética que se persiga, pudiendo el edificio llegar a ser productor neto de energía. Al respecto y aunque no se incluye en la Tabla I por no considerarse que se trata de un consumo de energía primaria, todos los edificios Otium Pernet están dotados de puntos de recarga para vehículos eléctricos.

Construcción

La etapa de construcción precisa una vigilancia continua para que los requerimientos plasmados en el diseño de arquitectura (columnas 1 y 4 de la Tabla I) se cumplan. Por ello, los edificios Otium Pernet están sometidos a una serie de ensayos en la fase constructiva. El primero de ellos es el correspondiente a determinar el valor U combinado real de la envolvente (Ue), el cual debe ser igual o menor al fijado en diseño, esto es, 0,3 Wm2/K. A continuación, el ensayo termográfico de la envolvente debe justificar la ausencia de puentes térmicos. La superación satisfactoria de los dos ensayos mencionados permite garantizar el correcto funcionamiento de la envolvente del edificio real. Por último, el ensayo de estanqueidad debe arrojar un valor n50 < 0.6 h-1. Cifra comúnmente aceptada, por ejemplo, en la certificación Passivaus, y que garantiza una adecuada estanqueidad en la envolvente del edificio real. Los ensayos anteriores permiten certificar que el edificio Otium Pernet funciona acorde a los requerimientos de la Tabla I.

Figura 1. Vivienda Otium Pernet en Estepona (Málaga).

RESULTADOS

Se describirán de manera somera (por falta de espacio) algunos resultados de diseño correspondientes a una vivienda, parte de un grupo de 4, actualmente en construcción según la metodología presentada en este trabajo. Una recreación de ésta se muestra en la Figura 1. Comenzando por la primera columna de la Tabla I, los soleamientos han sido resueltos mediante voladizos y terrazas junto a persianas domotizadas para evitar el empleo de toldos que podrían alterar la imagen de la vivienda. Asimismo, para los extensos ventanales se han prescrito carpinterías con U = 1 W/m2K y cristales de 12 mm con cámara de 95% de gas Argón y transmitancia de 1 W/m2K. Por supuesto, la ausencia de puentes térmicos y estanqueidad están garantizadas por diseño, aunque se comprobará en obra. Respecto al factor de forma ha sido ajustado a F = 0.6 m2/m3, lo cual satisface ampliamente los requerimientos de la Tabla I. En cuanto a la ventilación natural la garantiza la domótica, aprovechando en invierno/verano las horas cálidas/frescas del día para realizar la renovación del aire de la vivienda, aunque esto se complementa, cuando no es posible la ventilación natural, con un sistema de ventilación de doble flujo con recuperación de calor. En cualquier caso, queda garantizado Sof > 0,05 m2/m2. Por último, en lo que respecta a la iluminación natural, todas las estancias de la casa la reciben, lo

cual limita la necesidad de iluminación artificial a horas donde no hay luz del día. Los amplios ventanales de la vivienda permiten superar con creces el valor de Sgf > 0,1 m2/m2. Finalmente, cabe destacar que se han sometido a rigurosas simulaciones por ordenador el comportamiento del soleamiento, la estanqueidad, ventilación e iluminación natural.

El desarrollo de este proyecto requiere del estudio exhaustivo de las diversas tecnologías con las que se cuenta. Las viviendas, se enclavan geográficamente en una ubicación de clima mediterráneo con unas temperaturas medias de 18º C y una variabilidad anual entre los 10 y 30 ºC en más de un 90% de los días. La ausencia de viento aprovechable desaconseja la instalación de sistemas microeólicos, de modo que los sistemas renovables elegidos han sido un pozo geotérmico de 150 m (Figura 2) y una planta solar fotovoltaica de 40 paneles de 330 Wp cada uno, ubicados en diferentes sitios de cubiertas y parcela, con objeto de evitar al máximo el impacto visual. En la zona, la producción fotovoltaica está aproximadamente en 1.900 kWh/año por kWp instalado, lo cual supone una capacidad de generación de 25.080 kWh/año. El rendimiento del pozo geotérmico es de 8 kWh y la bomba geotérmica tiene un SCOP = 5, lo que implica un consumo eléctrico de 1,6 kWh, que se corresponde con las máximas necesidades de calefacción de la vivienda que es por suelo radiante. El rendimiento neto de la instalación geotérmica es pues aproximadamente igual a 56.064 kWh/año. Esta energía es sólo para calefactar y ACS, y supera con creces las necesidades de la vivienda, permitiendo climatizar la piscina. El resto del sistema de climatización se completa con la parte de refrigeración, compuesta por un sistema de climatización evaporativa apoyado por un sistema de fan-coil con SCOP en torno a 5.

En cuanto a la vivienda, su zona residencial comprende 250 m2, lo cual, según diseño (80 kWh/m2 año) implica un consumo de energía primaria menor o igual a 20.000 kWh/año. Extrayendo de aquí la energía necesaria para calefacción y la correspondiente a ACS, unos 9.000 kWh/año suministrados por el pozo geotérmico, se dispone de un exceso energético de más de 11 kWh/año para alimentar un punto de recarga eléctrico para vehículos.

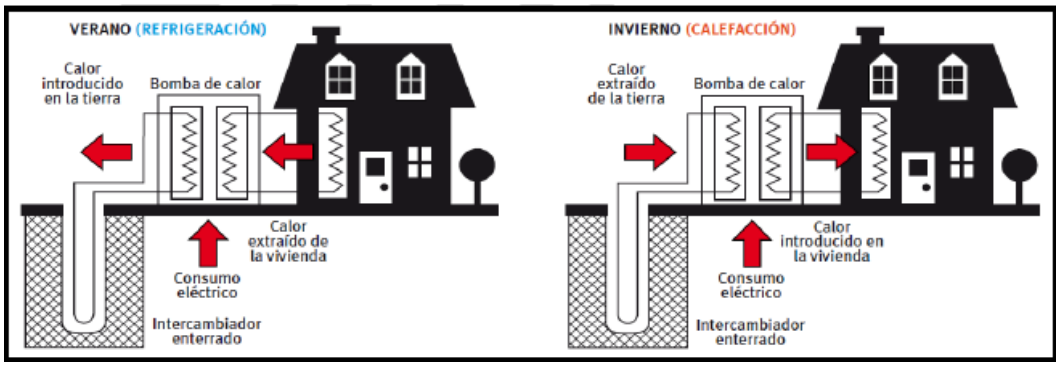


Figura 2. Instalación geotérmica vertical cerrada propuesta para la vivienda Otium Pernet en Estepona (Málaga).

Por último, el sistema domótico permite optimizar el uso de la vivienda en función de las condiciones atmosféricas, hora del día, o actividad desarrollada en cada parte de la misma [10]. Además, la vivienda Otium Pernet pretende servir como asistente de sus habitantes, aplicando para ello conceptos de inteligencia artificial a las costumbres reiterativas de los mismos. La domótica no solo gestiona la vivienda, sino que está preparada para controlar las constantes y parámetros vitales de sus habitantes, empleando para ello sensores; cada usuario podrá tener a su disposición una calculadora biométrica personal que le permitirá conocer sus valores particulares, de manera que éstos podrán ser registrados, almacenados y comparados en tiempo real con sus propios datos, produciéndose una alarma cuando se registre una variación significativa respecto a sus valores normales.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este trabajo presenta la metodología que implementa el edificio Otium Pernet, la cual está basada en estudios científicos llevados a cabo por investigadores de las Universidades de Málaga y Huelva. La investigación llevada a la práctica realizada, demuestra que la vivienda, con un uso consciente, puede ser perfectamente auto-sostenible y con consumo energético neto nulo o incluso negativo. Por supuesto, siempre se habla de energía teniendo en cuenta el balance neto anual, no de potencia, la cual varía instantáneamente. Esto es, al no funcionar la vivienda aislada ni disponer de almacenamiento por baterías, en ciertos momentos del día puede estar demandando de la red eléctrica y en otros vertiendo a ella, teniendo en cuenta que anualmente la energía demandada será igual o menor que la generada y vertida, Lo cual está acorde con la política energética que la UE ha decidido implantar.

La metodología Otium Pernet pretende poner en práctica, con los criterios más exigentes, las últimas directivas europeas sobre eficiencia energética en la edificación. La mayoría de estudios sobre este campo presentes en la literatura están referidos a climas fríos y últimamente también a climas tropicales o muy cálidos. Sin embargo, la problemática del clima subtropical (el edificio ha de funcionar como en clima frío una parte del año y como en clima cálido otra) que aborda este trabajo, puede ser considerada novedosa por la escasez de publicaciones al respecto. El artículo ha presentado como resultado de aplicación de la metodología, un caso práctico de diseño y cálculo de instalaciones de una vivienda Otium Pernet, la cual puede evitar emitir hasta 200 kg de CO2/m2 a lo largo de su vida útil. Así, para el caso práctico mostrado en este trabajo, la vivienda diseñada podría evitar emitir en torno a 54 toneladas de CO2 anuales que, al cabo de 25 años, suponen 1.325 toneladas. Esto es el equivalente en emisiones de CO2 a ir y volver a la Luna algo más de 17 veces en un coche diesel medio (2,471 kg CO2/l) o, lo que es lo mismo, darle más de 331 vueltas a la Tierra.

REFERENCIAS

[1] Hamilton, I.G., Summerfield, A.J., Shipworth, D., Steadman, J.P., Oreszczyn, T., Lowe, R.J., 2016, Energy efficiency uptake and energy savings in English houses: A cohort study, Energy and Buildings, 118, p. 259-276.

[2] Richman, R., Simpson, R., 2016, Towards quantifying energy saving strategies in big-box retail stores: A case study in Ontario (Canada), Sustainable Cities Soc., 20, p. 61-70.

[3] AlAjmi, A., Abou-Ziyan, H., Ghoneim, A., 2016, Achieving annual and monthly net-zero energy of existing building in hot climate, Applied Energy, 165, p. 511-521.

[4] Saber, E.M., Tham, K.W., Leibundgut, H., 2016, A review of high temperature cooling systems in tropical buildings, Building and Environment, 96, p. 237-249.

[5] Gómez, S., Martínez, M. A., Andújar, J. M., 2018, uhuMEB: Design, construction and management methodology of minimum energy buildings in subtropical climate, Energies, in press.

[6] Esbensen, T.V., Korsgaard, V., 1977, Dimensioning of the solar heating system in the Zero Energy House in Denmark, Solar Energy, 19, p. 191-200.

[7] Sartori, I., Napolitano, A., Voss, K., 2011, Net zero energy buildings: A consistent definition framework, Energy and Buildings, 48, p. 220-232.

[8] Eguaras-Martínez, M., Vidaurre-Arbizu, M., Martín-Gómez, C., 2014, Simulation and evaluation of building information modeling in a real pilot site, Applied Energy, 114, p. 475-484.

[9] Andújar, J. M., Martínez, M. A., Gómez, S., 2016, Ground Thermal Diffusivity Calculation by Direct Soil Temperature Measurement. Application to very Low Enthalpy Geothermal Energy Systems, Sensors, 17, p. 2-18.

[10] Merino, S., Guzmán, F., Domótica, Gestión de la Energía y Gestión Técnica de Edificios, 2015, Editorial Ra-Ma, Madrid.

TECNOLOGÍAS DE CLIMATIZACIÓN PARA LOS EECN EN LAS VIVIENDAS DE NUEVA CONSTRUCCIÓN

Alberto Jiménez, Jefe Departamento Técnico, Formación y Soporte, Baxi Calefacción
Héctor Noguera, Jefe Departamento de Baxi Solutions, Baxi Calefacción

Resumen: Esta propuesta es la segunda parte de la comunicación expuesta en el anterior Congreso. Hacíamos un análisis sobre las tecnologías de climatización que se podrán incorporar a los Edificios de Consumo Casi Nulo de nueva construcción. En aquel momento suponíamos unos valores límite que estaban todavía por definir. En Julio de este año, por fin se ha publicado el borrador de lo que será el nuevo DB HE del CTE. Como en el documento anterior, queremos hacer un análisis más allá de la definición de los EECN en términos de Energía Primaria e intentar saber qué tipos de generadores de calor y frío se adaptarán a los nuevos requerimientos. En este caso el estudio lo hemos realizado en colaboración con ATECYR y utilizando la herramienta de simulación Energy Plus**.**

Palabras clave: Instalaciones de Climatización, Edificios de Consumo Casi Nulo, Energía Primaria, Eficiencia, Futuro de la Climatización, Obra Nueva, Energy Plus

INTRODUCCIÓN

El pasado mes de Julio se publicó finalmente el borrador de lo que será el nuevo Documento Básico de Ahorro de Energía (DB HE 2018) del CTE. Tal y como se venía indicando en los meses anteriores el documento sigue una filosofía completamente prestacional.

En este nuevo Documento Básico del CTE se hace por fin una definición del Edificio de Consumo de Energía casi Nulo que se ajusta a las recomendaciones de la Unión Europea y que obligará a reducir de manera significativa el consumo energético de los edificios.

Previsiblemente todos los edificios construidos a partir de primeros de 2020 tendrán que cumplir con esta nueva normativa. Aunque la norma afecta a todas las tipologías de edificios, en esta comunicación nos centramos en los edificios de viviendas. Pretendemos contestar a una pregunta aparentemente simple: ¿qué tipo de instalaciones de climatización se deberán instalar en estos edificios?

BORRADOR DEL DB HE

El pasado 26 de Junio de 2018 se publicó en la página web del Ministerio de Fomento el PROYECTO DE REAL DECRETO POR EL QUE SE MODIFICA EL REAL DECRETO 314/2006, DE 17 DE MARZO, POR EL QUE SE APRUEBA EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN, iniciando el trámite de audiencia e información pública del documento y como fecha límite para la entrega de alegaciones el 31 de Julio.

En el **apartado HE0** se limita el consumo de energético de los edificios. Lo hace limitando el consumo de Energía primaria total y no renovable de toda la construcción. Hasta ahora, todos los que trabajamos en este sector estábamos acostumbrados a hablar en términos de Energía final. Este cambio puede afectar al tipo de tecnología que se puede utilizar en las instalaciones de climatización de los edificios. Cada combustible, de los que habitualmente utilizamos para calentar o enfriar edificios, tiene un coeficiente de paso (de Energía final a Energía primaria) diferente. De manera que, frente a un mismo consumo de Energía final en la instalación, diferentes combustibles tendrán diferentes consumos de Energía primaria.

Los limites en cada caso se establecen según el índice de severidad climática en invierno (α,A,B,C,D,E) y se establece un valor de kWh por metro cuadrado y año.

En la primera tabla del documento se limita el consumo de Energía Primaría no renovable:

Tabla 3.1.a - HE0

Valor límite $C_{ep,nren,lim}$ [kw·h/m²·año] para uso residencial privado

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	20	25	28	32	38	43
Cambios de uso a residencial privado y reformas	40	50	55	65	70	80
En territorio extrapeninsular se multiplicarán los valores de la tabla por 1,25						

Tabla I. Documento Básico HE Ahorro de Energía 2018.

La Energía Primaria no renovable determinará en gran medida, como luego podremos observar, la tipología de las instalaciones de climatización.

A continuación, en este mismo apartado se establece el límite de consumo de energía primaria total. Los valores son exactamente, para cada zona, el doble que los de energía primaria no renovable.

Algo que llama la atención respecto a estas limitaciones en el consumo de energía es que a las zonas mayor severidad climática en invierno se les permite tener un consumo superior. Esto tiene lógica si pensamos en el consumo de la calefacción, pero hay que recordar que todos estos límites de consumo energético lo son también para los servicios de refrigeración, ACS y ventilación. Dicho de otra forma, este criterio de limitación al consumo energético va a perjudicar a las zonas con bajo consumo en calefacción, pero con alto consumo en refrigeración durante el verano.

También en la HE0 se establecen sistemas de referencia para la calefacción y la refrigeración. Tal y como se indica en el artículo 4.5, en el caso de los edificios de viviendas se deberán utilizar estos sistemas de referencia a efectos de cálculo energético cuando no se incluyan esas instalaciones en el proyecto. Esta condición tiene un efecto muy importante en las instalaciones de climatización, ya que si la demanda en los servicios de calefacción o de refrigeración es lo suficientemente alta será obligatorio instalar equipos o tecnologías con un rendimiento superior al de los sistemas de referencia. De otra forma no se cumplirá con los límites de $C_{ep,nren}$ y $C_{ep,tot}$. Como podremos ver en el estudio realizado, en casi todas las regiones del país serán necesarias instalaciones de calefacción y de refrigeración para cumplir con los requisitos de los EECN. Sólo en las zonas con baja severidad climática en verano se podrá elegir no instalar equipos de refrigeración para el verano.

En el **apartado HE1** se establecen los mínimos de calidad de la construcción del edificio. Se exigen unos valores máximos en la transmitancia de cada elemento de la envolvente del edificio (Muros, cubierta y huecos) y se introduce un nuevo coeficiente Global de transmisión de calor del edificio. Hay que cumplir con ambos indicadores al mismo tiempo. Durante este estudio hemos visto que el cumplimiento de los máximos de transmitancia en los elementos de la envolvente no implica el cumplimiento con la K_{lim} del edificio. El coeficiente global de transmisión de calor se define en el Anejo A del Documento Básico. Se trata de un sumatorio de todos los coeficientes de transferencia de calor de la envolvente del edificio dividido entre el área de intercambio térmico.

Los valores límites de este coeficiente global del edificio se establecen en función de la severidad climática en invierno y de la compacidad del edificio.

En el Anejo E aparece una tabla con valores orientativos de transmitancias de la envolvente térmica. Con estos valores recomendados si se obtiene un valor de transmitancia global del edificio por debajo del límite establecido.

En este apartado también se establece un criterio para el control solar de la envolvente. Se define la $q_{sol;jul}$ como la ganancia de calor en el interior del edificio por la entrada de radiación solar por los huecos durante el mes de Julio y se establece un límite máximo para los edificios de uso residencial y de otros usos. Para los edificios de viviendas el límite está en 2 kWh/m².mes.

El valor de la ganancia solar en el mes de Julio debe establecerse considerando activadas todas las protecciones solares móviles. Esto incluye las que son accionadas manualmente (persianas, toldos, etc.), por lo que en realidad el cumplimiento de este apartado pasa por instalar cualquiera de estos elementos. En el estudio realizado hemos considerado vidrios con un factor solar muy bajo para cumplir con este requerimiento, aunque somos conscientes de que en la práctica la solución pasará por instalar simples persianas.

El **apartado HE4** también es un apartado importante desde el punto de vista del consumo energético de las viviendas. Este apartado ha sufrido una importante modificación con respecto a las versiones anteriores. En esta parte de la norma se establece que el 50% de la demanda energética en la producción de agua caliente de los edificios debe hacerse con energías renovables. La Energía Solar Térmica deja de tener prioridad en este apartado. La energía renovable ahora puede provenir de otras fuentes renovables como son la aerotermia o la biomasa.

DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

Hemos simulado dos edificios de viviendas muy diferentes. Una vivienda unifamiliar, aislada de 150 m^2 y un edificio de 16 viviendas de 90 m^2. Se trata de edificios de formas sencillas y compactas.

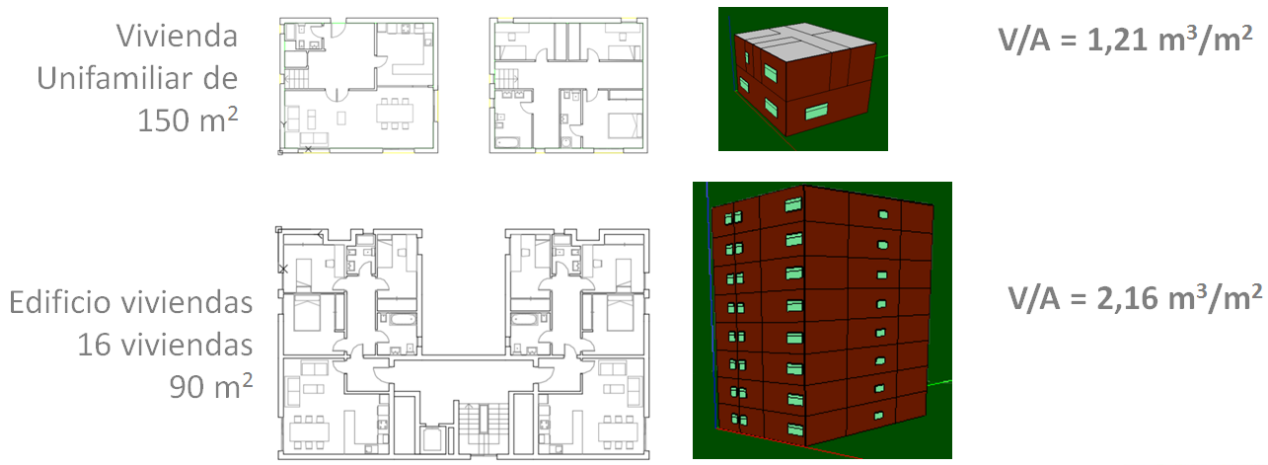


Figura 1. Edificios utilizados en el estudio Baxi-Atecyr.

El primer diseño de ambos edificios se ha realizado con los aislamientos recomendados en el Anejo E del Documento Básico HE. Con esos valores de transmitancia se consiguen valores de la K del edificio muy por debajo de los máximos requeridos. Posteriormente hemos reducido el espesor de la capa de aislamiento de los muros exteriores para adaptarnos a la K_{lim}.

Se ha simulado el comportamiento energético de los edificios y su demanda en cuatro ciudades: Madrid (D3), Barcelona (C2), A Coruña (C1) y Sevilla (B4). Estos cuatro lugares representan las climatologías más habituales de nuestro país. La simulación se ha realizado con el programa EnergyPlusversión 8.8.0., hemos hecho una simulación hora a hora. Los ficheros climáticos son los utilizados por los programas certificadores reconocidos. Para las condiciones exteriores de diseño se toman los valores presentes en la *Guía Técnica de Condiciones Climáticas Exteriores de Proyecto (IDAE, 2016).*

Hemos simulado la demanda de los edificios tomando 4 condiciones diferentes:

1. Valores orientativos de transmitancia (U) del Anejo E del DB HE
2. Valores mínimos de transmitancia para obtener la K_{lim}
3. Valores mínimos de transmitancia para obtener la K_{lim} + optimización del factor solar de los vidrios ($q_{sol;jul}$<2)
4. Valores orientativos de transmitancia (U) del Anejo E del DB HE + recuperación de calor en la ventilación

		DEMANDA							
		Vivienda 150 m2				Viviendas 90 m2 en bloque			
		D3 (Madrid)	C2 (Barcelona)	C1 (A Coruña)	B4 (Sevilla)	D3 (Madrid)	C2 (Barcelona)	C1 (A Coruña)	B4 (Sevilla)
Demanda (kWh/m2) Valores orientativos de transmitancia (U) del Anejo E del DB HE	Calefacción	16.33	7.43	7.59	1.78	19.51	9.84	9.98	3.42
	Refrigeración	9.97	3.88	0.41	19.11	7.79	2.79	0.21	14.62
	ACS	15.38	15.1	15.44	14.45	19.29	18.94	19.37	18.13
Demanda (kWh/m2) Valores mínimos de transmitancia	Calefacción	21.39	11.11	11.27	2	26.4	14.33	14.48	4.44
	Refrigeración	10.97	4.48	0.57	19.44	8.68	3.22	0.32	15.32
	ACS	15.38	15.1	15.44	14.45	19.29	18.94	19.37	18.13
Demanda (kWh/m2) Valores mínimos de transmitancia + optimización del factor solar	Calefacción	24.72	14.67	14.05	4.06	28.72	16.65	16.45	6.19
	Refrigeración	9.57	3.17	0.25	15.74	7.89	2.62	0.18	13.42
	ACS	15.38	15.1	15.44	14.45	19.29	18.94	19.37	18.13
Demanda (kWh/m2) Valores orientativos de transmitancia (U) del Anejo E del DB HE + recuperación de calor	Calefacción	6.16	2	2.07	0.36	4.16	1.29	1.31	0.25
	Refrigeración	9.87	4.19	0.61	18.6	7.61	3.04	0.41	14.14
	ACS	15.38	15.1	15.44	14.45	19.29	18.94	19.37	18.13

Tabla II. Resultados cálculo Demanda (kWh/m2.año).

En cada una de estas suposiciones hemos analizado el consumo de energía primaria con 4 instalaciones de climatización diferentes:

1. Caldera de gas + Energía Solar térmica (ACS) + Aire Acondicionado
2. Aerotermia para calefacción, refrigeración y producción de ACS
3. Aerotermia para calefacción, refrigeración y producción de ACS + Energía Solar térmica (ACS)
4. Aerotermia para calefacción, refrigeración y producción de ACS + Energía Solar Fotovoltaica

RESULTADOS

Podemos analizar los resultados desde varios puntos de vista.

Control solar

Respecto al control solar, con el fin de cumplir con el máximo de ganancia solar durante el mes de Julio se pueden optar por dos estrategias diferentes:

1. Reducir el factor solar del vidrio (SHGC-Solar Heat Gain Coeficient)
2. Tapar el hueco (persianas, toldos, sombras, etc.)

Cumpliendo con la $q_{sol;jul} < 2$ kWh/m^2.mes se puede reducir la demanda de refrigeración entre un 10% y 20% en las zonas con más demanda en verano.

Potencia instalada

Desde el punto de vista de la potencia instalada, podemos ver como los equipos de refrigeración deberán ser más potentes que los de calefacción. Solo en el caso de las zonas con severidad climática 1 en verano (A Coruña) la refrigeración es casi inexistente. De hecho, en estas zonas se puede valorar la opción de no instalar equipo de refrigeración para el verano.

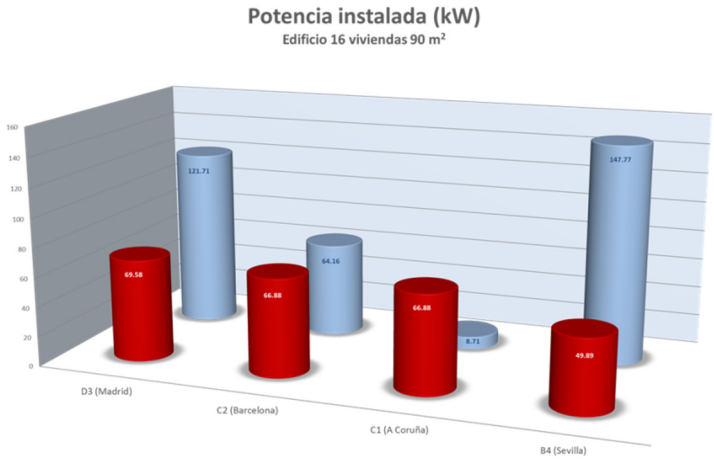


Figura 2. Potencia instalada edificio de 16 viviendas (kW).

Aislamientos

Como ya hemos indicado, desde el punto de vista de los aislamientos hemos realizado simulaciones con dos opciones diferentes:

- Con los aislamientos recomendados en el Anejo E. Es decir, con aislamientos reforzados.
- Con el aislamiento mínimo en cada caso para alcanzar la Klim.

La diferencia en casi todos los casos es de unos 5 cm de aislamiento entre ambas opciones. Sólo en la zona más cálida (B4) la diferencia es de tan sólo 2 cm.

Este aumento en los espesores de los aislamientos, reduce considerablemente la demanda en calefacción (entre un 24% y un 33%). Sólo resulta menos efectiva en la zona más calidad donde la demanda en invierno es muy baja.

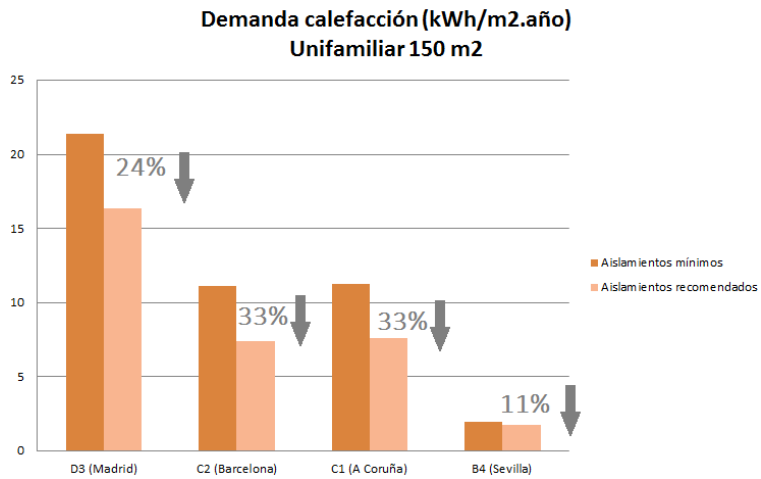


Figura 3. Reducción de la demanda en calefacción en función del espesor de aislamiento viviendas.

Recuperación de calor en la ventilación

La recuperación de calor en la ventilación reduce la demanda de calefacción considerablemente en las zonas con más demanda en invierno.

En las zonas más cálidas, aunque porcentualmente la reducción es importante, el valor absoluto es despreciable.

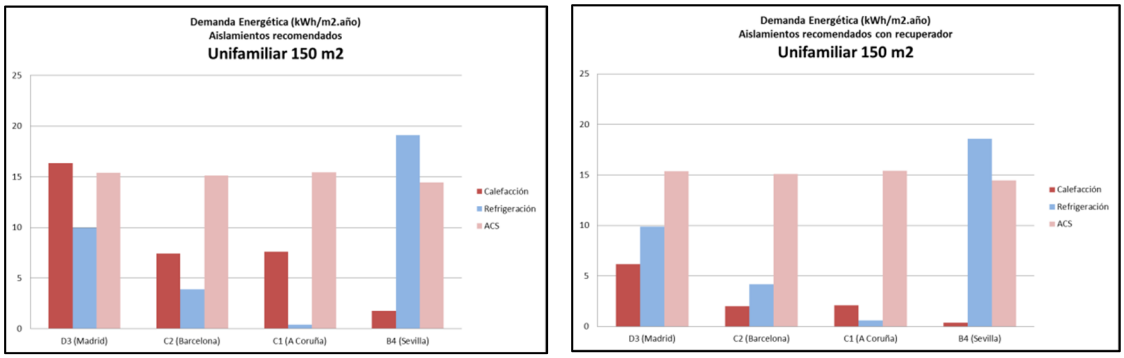


Figura 4. Demanda energética de la vivienda unifamiliar con y sin recuperador de calor.

CONCLUSIONES

En cada una de las zonas analizadas hemos obtenido los consumos de Energía primaria para cada condición de simulación y para cada tipología de instalación. Verificando qué instalaciones están por debajo de los límites establecidos. Por supuesto a estos criterios técnicos tendríamos que añadir otros como son las tendencias del mercado, los costes y la complejidad de la instalación o el confort y el coste de explotación que tendrá el usuario final.

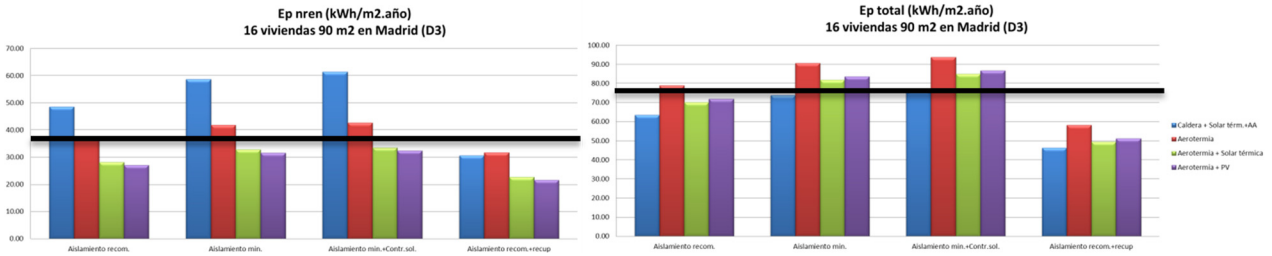


Figura 5. Demanda energética de la vivienda unifamiliar con y sin recuperador de calor.

Madrid (D3)

En este caso las opciones que cumplen son:

- Aislamientos recomendados con Aerotermia y Energía Solar Térmica
- Aislamientos recomendados con recuperación de calor en la ventilación y Aerotermia
- Aislamientos recomendados con recuperación de calor en la ventilación, caldera de gas, Energía Solar Térmica y Aire Acondicionado.

Barcelona (C2)

En este caso las opciones que cumplen son:

- Aislamientos mínimo con Aerotermia
- Aislamientos recomendados con caldera de gas, Energía Solar Térmica y Aire Acondicionado.

A Coruña (C1)

En este caso las opciones que cumplen son:

- Aislamientos mínimo con Aerotermia
- Aislamientos recomendados con caldera de gas y Energía Solar Térmica, sin necesidad de refrigeración.

Sevilla (B4)

En este caso las opciones que cumplen son:

- Aislamiento mínimo con Aerotermia y Energía Solar Térmica
- Aislamiento mínimo con Aerotermia y Energía Solar Fotovoltaica

ACTIVACIÓN DE LA INERCIA TÉRMICA DEL HORMIGÓN EMPLEANDO SUS PROPIEDADES DIELÉCTRICAS

Carlos Coquillat Mora, CEO - Fundador, The Cottage Ritual

Resumen: La eficiencia energética de los edificios conlleva la aplicación de distintas estrategias, entre otras: orientación, ventilación, aislamiento o inercia térmica de los materiales. En este sentido, el hormigón, además de su resistencia al fuego, aislamiento acústico, fiabilidad estructural o rapidez constructiva mejora, gracias a su masa térmica, el comportamiento energético de los edificios. En verano (con climas cálidos), los elementos de hormigón amortiguan y retardan el calentamiento del interior del edificio. Por la noche, el hormigón desprende el calor absorbido durante el día, manteniendo el confort térmico interior. Esto conduce a un ahorro de energía y produce un mejor clima interior en los edificios. Se pueden encontrar edificios singulares con sistemas de construcción "térmicamente activados" que incrementan este efecto. Estos sistemas son, por ejemplo, tubos de agua caliente (o fría), aire que fluye a través de tubos embebidos en el hormigón, u otros sistemas menos conocidos como el empleo de materiales de cambio de fase o la activación dieléctrica del hormigón.

Palabras clave: Inercia, Masa, Térmica, Prefabricados, Hormigón, Activación, Almacenamiento, Cambio, Fase, Dieléctrico

LA INERCIA TÉRMICA - SISTEMAS ACTIVADOS TÉRMICAMENTE

El diseño de los edificios de consumo de energía casi nulo, requiere reducir la demanda de energía del edificio mediante sistemas pasivos de aislamiento, si bien, es imprescindible complementar esta estrategia con sistemas capaces de acumular y devolver calor en régimen dinámico. Este tipo de sistemas requieren de un material con una elevada inercia térmica que permita dicha acumulación de calor, como es el caso del hormigón.

Concepto de inercia térmica

La inercia térmica es la capacidad que tiene un cuerpo para conservar el calor e ir liberándolo progresivamente. En los edificios la inercia térmica conlleva dos efectos beneficiosos para su nivel de confort; por un lado, atenúa la variación de las temperaturas y por otro lado retarda la temperatura interior respecto a la exterior. Así, con altas temperaturas exteriores el doble efecto de amortiguamiento y retardo permite que en el interior del edificio se incremente el confort térmico con la consecuente reducción de consumo energético. La evolución de la temperatura exterior presenta un máximo en un momento concreto del día que depende de la ubicación y orientación del edifico. Esta onda de temperatura exterior se ve amortiguada, en cuanto a amplitud, al atravesar el cerramiento, surgiendo además un desfase entre los instantes en los que se produce un pico de temperatura. El efecto de desfase y amortiguamiento permite que el edificio permanezca más tiempo en la zona de confort sin necesidad de gasto energético adicional lo que permite ahorros de manera gratuita ya que son inherentes al material.

Desde el punto de vista del consumo energético, las mayores ventajas de los sistemas activados térmicamente son:

- La acumulación de calor se hace de manera constante, sin picos y, por lo tanto, reduciendo tamaño y potencia de los equipos de climatización, por lo que se reduce el consumo.
- La acumulación de energía se hace durante las horas valle, cuando el coste de la energía es menor.
- Además, desde el punto de vista del confort térmico de los usuarios, estos sistemas proporcionan elementos fríos o cálidos, mucho más agradables que las corrientes de aire procedentes de otros sistemas de climatización.

Aplicación de la inercia térmica en los edificios

Entre las reglamentaciones de los distintos países europeos que mantienen un esquema similar a la transposición de la Directiva Europea de Eficiencia Energética de Edificios, el Código Técnico de la Edificación español (CTE) en su Documento Básico Ahorro de energía DB-HE-1 presenta a la inercia térmica como una característica a tener en cuenta. Sin embargo, la inercia térmica implica un cálculo dinámico complejo (flujo de calor por convección y radiación) del que no hay métodos de estimación suficientemente extendidos, lo que deriva en que sea una propiedad que muy pocas veces acaba siendo valorada y cuantificada en la fase de diseño.

Esta propiedad se utiliza en construcción de manera pasiva para conservar la temperatura del interior de los edificios más estable a lo largo del día, mediante muros, soleras y forjados de gran masa. En invierno, se calientan durante el día, y por la noche, más fría, van cediendo el calor al interior. En verano, por la noche se enfrían, para ceder este frío al ambiente a lo largo del día siguiente.

Existen también distintas posibilidades de activar la inercia térmica del hormigón. La más habitual es mediante un sistema embebido de tubos por los que se circula agua conectado a su vez a una fuente de calor, pero también se podría activar la inercia térmica empleando resistencias eléctricas y, por último, las propiedades dieléctricas del material.

La mayor parte del calor transmitido mediante los tubos embebidos o por las resistencias se lleva a cabo por conducción. Este tipo de transferencia energética tiene muy buenos rendimientos cuando se trata de cuerpos con alta conductividad y de reducido espesor (poca inercia térmica). Si por el contrario el foco frío tiene elevada masa térmica, el rendimiento de la transferencia de energía térmica no es tan alto por la baja profundidad de penetración de este tipo de transferencia frente a la del calentamiento dieléctrico.

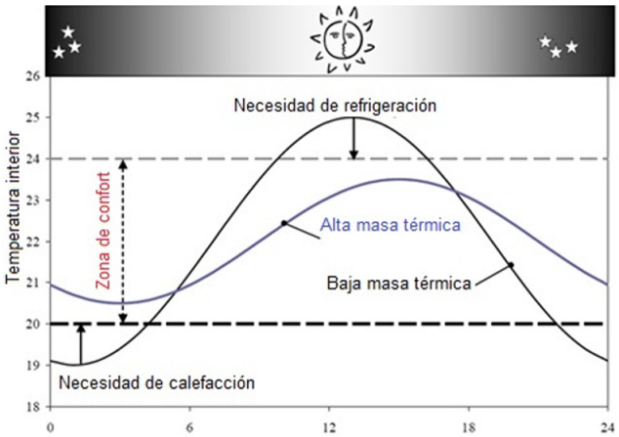


Figura 1. Atenuación de los picos de temperatura gracias a la inercia térmica en cerramientos. Materiales de alta masa térmica (ej. hormigón) frente a materiales de baja masa térmica.

CALENTAMIENTO DIELÉCTRICO

El calentamiento dieléctrico es un calentamiento a través de radiación electromagnética de una longitud de onda de entre 0.001 y 1 m (correspondiente aunas frecuencias entre 300 and 0.3 GHz, es decir, ondas de radio y microondas. La interacción de las partículas cargadas de ciertos materiales con el campo eléctrico que forma parte de la radiación electromagnética provoca que estos materiales se calienten. Por ejemplo, en el caso de moléculas polares, como el agua, el campoeléctrico de las microondas provoca que tanto los dipolos permanentes como los inducidos roten al intentar alinearse con el campo oscilante.

De esta manera, se disipa energía como calor como resultado de la agitación y fricción intermolecular de las moléculas por el cambio de los dipolos y su orientación.

Este tipo de calentamiento está ganando aceptación en el sector del procesado de alimentos porque:

- Menor impacto sobre el medio ambiente (al no generar productos tóxicos).
- Ahorro de energía comparado con los convencionales sistemas de conducción y convección.
- Uso de energía limipia, si la energía eléctrica empleada proviene de renovables.
- Menor tiempo de proceso necesario.
- Encendido y apagado instantáneos.

Todas ellas, características que mejoran la eficiencia energética de los sistemas, bien de procesado de alimentos o bien de calefacción de edificios.

Propiedades dieléctricas

La energía de estas radiaciones no puede calentar todos los materiales: sólo los que, por su composición, son capaces de absorber la energía electromagnética y generar calor como el agua. Otros materiales, como los metales, reflejan las ondas electromagnéticas de igual modo que un espejo refleja la luz visible. Finalmente, hay materiales dieléctricos

como las cerámicas con composiciones como por ejemplo la alúmina que no es capaz de absorber esta energía, dejándola pasar de la misma forma que la luz atraviesa un cristal transparente.

Asimismo, existe un conjunto de materiales llamados "susceptores" por su gran capacidad para absorber energía electromagnética y convertirla en calor.

Las propiedades dieléctricas de los materiales son la permitividad, la constante dieléctrica y el factor de pérdida. A continuación, se definirá cada uno de estos términos y otros parámetros dieléctricos importantes.

La permitividad (ε_0) es el término que se utiliza para describir a las propiedades dieléctricas que afectan la reflexión de ondas electromagnéticas en interfaces y la atenuación de la energía de la onda dentro del material.

La constante dieléctrica es la característica que determina la capacidad del material para absorber, transmitir y reflejar energía de una porción del campo eléctrico; es constante para cada material a una frecuencia dada, bajo condiciones constantes.

El factor de pérdida (ε'') mide la cantidad de energía que se pierde del campo eléctrico, está relacionado con la forma en que la energía del campo es absorbida y convertida a calor en un material cuando pasa a través de éste.

La conductividad eléctrica o conductividad iónica es la habilidad que tiene un material para conducir electricidad.

Otro parámetro importante es la profundidad de penetración, y se refiere a la distancia por debajo de la superficie a la que la potencia de las ondas electromagnéticas disminuye e^{-1} de su valor, es decir, 36.8% de su valor transmitido.

Y finalmente, la velocidad de generación de calor por unidad de volumen, Q, en una ubicación particular del cuerpo durante el calentamiento dieléctrico puede ser caracterizada por la siguiente fórmula:

$$Q = 2\pi f \varepsilon_0 \varepsilon'' E^2$$

Donde E es la fuerza del campo eléctrico de la onda en esa ubicación mientras que f es la frecuencia de la onda.

Calentamiento dieléctrico del hormigón

Bloques de hormigón en forma de radiadores se han probado a nivel experimental, no comercial, para determinar su comportamiento en forma de curvas de temperatura:

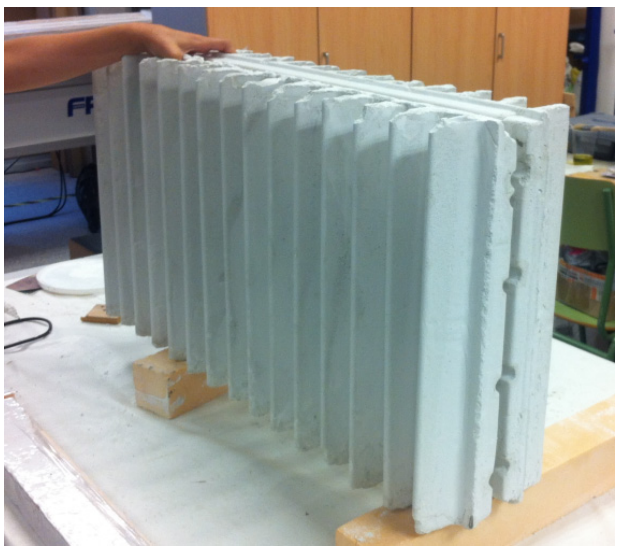
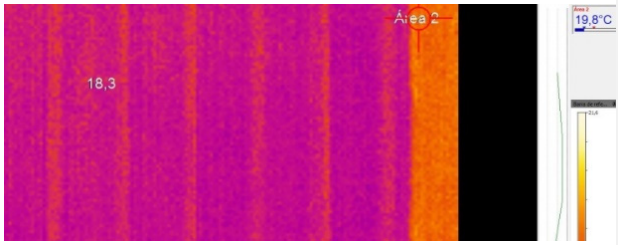
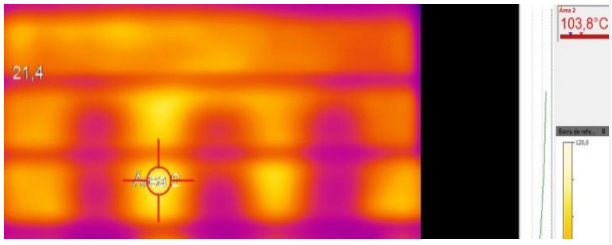


Figura 2. Bloques hormigón sometidos a calentamiento dieléctrico.

Para ello se expuso sobre una muestra de hormigón de 7 kg que inicialmente se encontraba a temperatura ambiente (19ºC) un campo electromagnético 3,2 KW de potencia y frecuencia 300 GHz durante 2 minutos, obteniendo la siguiente secuencia térmica de calentamiento:



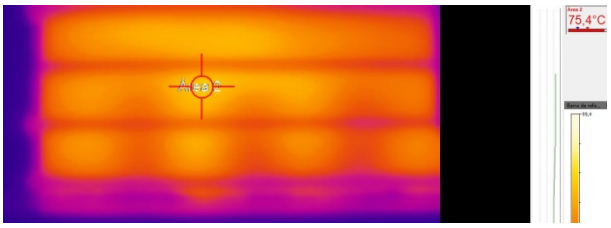
0 min Tª 19ºC



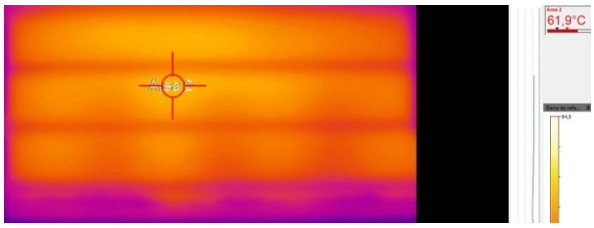
2 min Tª 103ºC

Tabla I. Secuencia térmica de calentamiento dieléctrico hormigón.

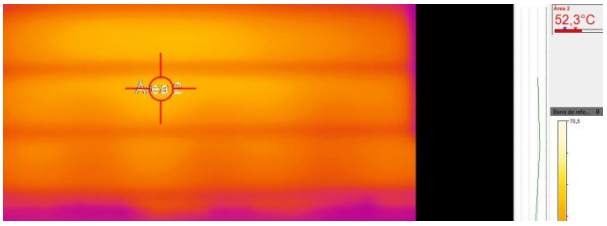
Tras los 2 minutos de aporte energético se detuvo la exposición al campo electromagnético, dejando que la muestra alcanzara por sí misma la temperatura inicial obteniendo la siguiente secuencia térmica de enfriamiento:



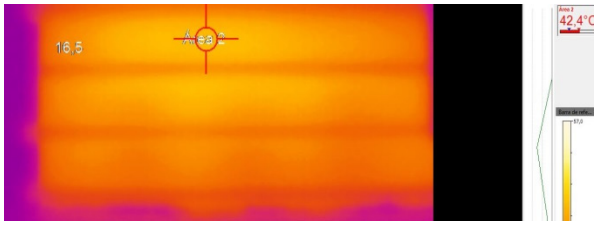
10 min Tª 75ºC



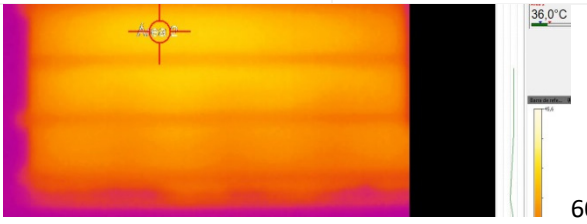
20 min Tª 61ºC



30 min Tª 52ºC



45 min Tª 42ºC



60 min Tª 36ºC

Tabla II. Secuencia térmica de enfriamiento natural hormigón.

En la siguiente figura se puede apreciar cómo se produce un rápido incremento de la temperatura (por calentamiento dieléctrico) y decremento suave de la misma por la inercia térmica del elemento.

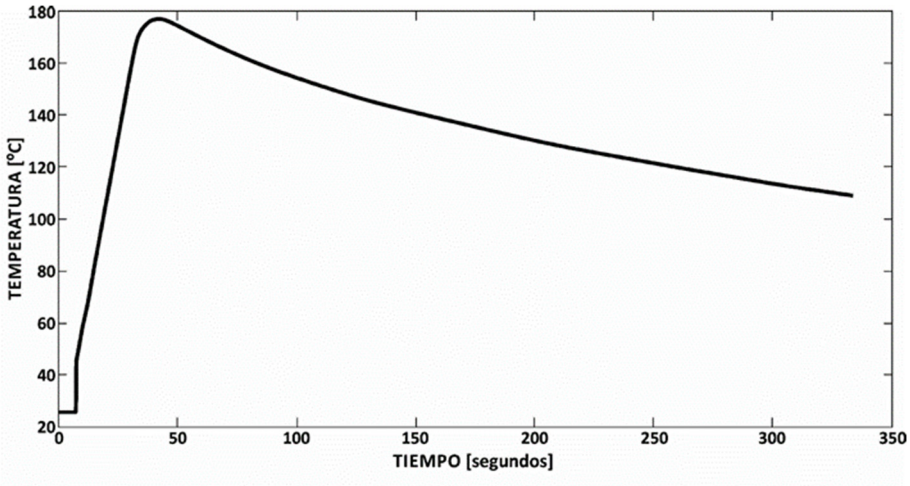


Figura 3. Evolución temporal de la temperatura tras calentamiento dieléctrico.

En la siguiente Figura 4.se compara el calentamiento del material dieléctrico (en verde) frente a calentamiento por conducción (en rojo):

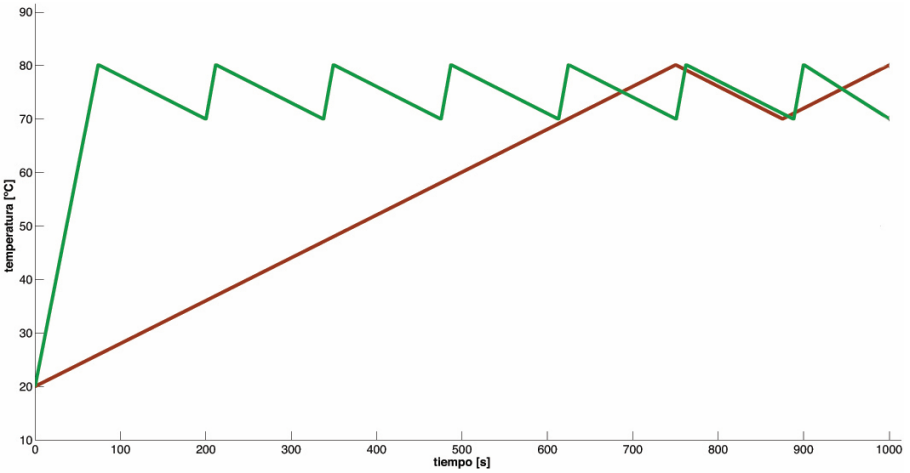


Figura 4. Comparativa evolución temperatura cuerpo con calentamiento dieléctrico (en verde) frente a calentamiento por conducción (en rojo).

En cada uno de los ciclos de aumento de temperatura se realiza un aporte energético; en verde empleando el calor dieléctrico mientras que en verde por conducción con la misma potencia para ambos casos. Siendo para éste último, mayor el tiempo necesario de aporte de energía para alcanzar idénticos incrementos de temperatura.

En la Figura se sombrea las áreas de aporte energético para cada uno de los casos mostrando de forma gráfica cómo el calentamiento dieléctrico sobre sistemas de alta inercia térmica proporciona considerables ahorros energéticos:

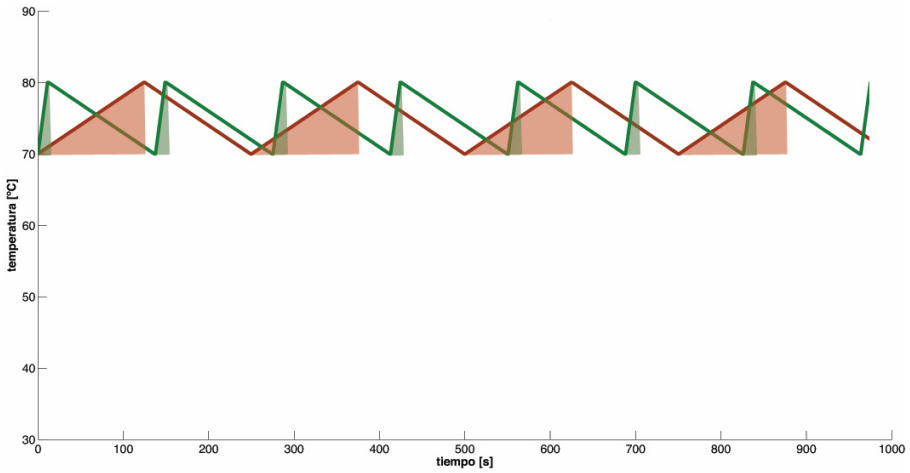


Figura 5. Energía consumida por calentamiento por conducción versus dieléctrico (sombreada en rojo y verde respectivamente).

Potencial de aplicación

Las investigaciones realizadas en la Universidad Politécnica de Valencia determinaron que se pueden obtener importantes ahorros energéticos empleando el calor dieléctrico sobre materiales con gran inercia térmica, concretamente, sobre hormigón. Además, su versatilidad permite activar térmicamente tanto cerramientos, forjados, suelos y/o paredes radiantes.

Pero el verdadero potencial de esta tecnología radica en su elevada capacidad de almacenamiento de energía térmica de manera que, empleando equipos de baja potencia, se pueden exponer distintas partes de manera secuencial. De esta forma, conseguimos mantener el conjunto a una temperatura adecuada con una potencia en el sistema (y también la potencia contratada) relativamente baja. Esta característica, en combinación con sistemas inteligentes de gestión basados en el desarrollo de las TICs y de la gestión de datos (“Big Data”), que tengan en cuenta la generación de energías renovables en el propio edificio, el coste de la energía de la red, la predicción meteorológica, el comportamiento y preferencias del usuario, permitirá realizar una gestión de la demanda integral y cubrir la demanda de climatización de cualquier tipo de edificio con energías estrictamente renovables, ayudando a la consecución de los objetivos europeos en materia de eficiencia energética en edificación.

CONCLUSIONES

El calor dieléctrico sobre materiales con alta inercia térmica puede llegar a ser hasta un 70% más eficiente que la transmisión de energía térmica por conducción dependiendo de las características del elemento a calentar.

La inercia térmica del hormigón puede ayudar a mejorar considerablemente la eficiencia energética de los edificios.

Por otro lado, el uso de sistemas inerciales no solo beneficia a los usuarios de los edificios donde se implementan, sino que beneficia al sistema en su conjunto. La utilización de edificios como baterías de almacenamiento, aplana la curva, eliminando los picos de demanda y, por lo tanto, también de producción. Este tipo de sistemas evitan el sobredimensionamiento del sistema de generación para momentos puntuales y, además, permite aprovechar la sobreproducción existente en las horas valle.

REFERENCIAS

- Bartolomé, C. & Alarcón, A. & Tenorio, J.A. & López, A., 2017, “Multiprestacionalidad de las soluciones constructivas en base hormigón”, Libro de Comunicaciones IV Congreso Edificios Energía Casi Nula 2017.
- Soto-Reyes, N. & Rojas-Laguna, R. & Sosa-Morales, M.E., 2012, “Modelación del calentamiento dieléctrico (microondas y radiofrecuencia) en sistemas alimenticios modelo”.

EL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA EN EDIFICIOS ESCOLARES DE CONSUMO CASI NULO

José Manuel Castro Vázquez, Profesor asociado, Escuela de Arquitectura, Universidad Camilo José Cela

Resumen: El objetivo del artículo es tener en consideración los aspectos ambientales de las estrategias de rehabilitación para alcanzar edificios públicos rehabilitados EECN. Se escoge una muestra de 5 colegios de la comunidad autónoma de Galicia que forman parte de la tesis doctoral sobre rehabilitación energética escolar que el autor publicó en 2017. A estos centros escolares se les aplican actuaciones de rehabilitación energética para evaluar su impacto ambiental a través de estudios de análisis de ciclo de vida (ACV). Se pretende demostrar que las emisiones de CO_2 generadas por las estrategias de rehabilitación (fase de fabricación y construcción) son compensadas en un periodo de tiempo factible con la reducción de emisiones de CO_2 de los nuevos colegios rehabilitados. Se han obtenido resultados de periodos de compensación (payback ambiental) inferiores a los 10 años con tasas de reducción de las emisiones actuales superiores al 50%. El objetivo de este estudio es que, la selección de las actuaciones de rehabilitación energética a utilizar en los colegios, estén también justificadas desde un punto de vista de impacto ambiental. Una mejora energética en la arquitectura escolar además de producir beneficios económicos y de confort también tiene que generar un bajo impacto ambiental y permitir afirmar que dichas actuaciones son fiables desde un punto de vista sostenible.

Palabras clave: Rehabilitación NZEB, Impacto Ambiental, Análisis Ciclo Vida, Energía Casi Nula

INTRODUCCIÓN

En el proceso de rehabilitación energética de un edificio los aspectos más relevantes a la hora de valorar si una intervención es viable son: ahorro energético, recuperación de la inversión (payback) y reducción de emisiones de CO_2. El análisis sobre la mejora de la tasa de emisiones normalmente no tiene en cuenta una visión global que valore el impacto ambiental de las actuaciones de rehabilitación energética durante su fase de fabricación y construcción. Se produce el error de analizar los beneficios ambientales de la rehabilitación energética tan sólo estudiando la reducción de las emisiones de CO_2 que el nuevo edificio rehabilitado produce respecto a las que generaba antes de ser intervenido. De esta manera, las conclusiones obtenidas no tienen una lectura real, ya que los porcentajes de reducción de la tasa de emisiones se creen que son muy grandes desde el momento después de rehabilitar. El objetivo de este artículo es analizar si en edificios de tipología escolar con una vida útil de más de 40 años, el impacto ambiental de las actuaciones de mejora en fachada, cubierta y huecos es compensado en un periodo corto. O si por el contrario, se tarda en compensar un periodo demasiado largo que no permita realmente tener beneficios de reducción de emisiones de CO_2 significativos en edificios tan antiguos.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Se escoge una muestra de 5 colegios ubicados en Galicia que fueron construidos con el mismo proyecto tipo en los años 70´ pero en distintas ciudades (figura 01 y 02). Estos centros escolares forman parte de una tesis doctoral que estudia una muestra de hasta 21 colegios que cubren la mayoría de posibilidades tipológicas de rehabilitación energéticamente en arquitectura escolar en la zona noroeste de España (figura 03).

Figura 1. Colegio CEIP A Gándara (Monforte de Lemos).

Figura 2. Colegio CEIP Paradai (Lugo).

Los 5 colegios seleccionados están localizados en la figura 3 y son: CEIP Paradai (Lugo), CEIP A Gándara (Monforte de Lemos, Lugo), CEIP Emilia Pardo Bazán (A Coruña), CEIP Víctor López Seoane (A Coruña) y CEIP O Couto (Ourense).

En primer lugar, se ha realizado un estudio con diferentes *"actuaciones de rehabilitación"* tanto en la envolvente térmica (fachada, cubierta, forjados en contacto con el exterior y huecos) como en las instalaciones de estos colegios para determinar qué actuaciones son más viables desde un punto de vista energético y de confort.

En segundo lugar, con las actuaciones más eficaces de cada parte de la envolvente se establece una intervención conjunta llamada "*estrategia de rehabilitación energética óptima*" para estudiar su viabilidad económica (payback). Finalmente, se analiza el impacto ambiental que estas medidas generan al entorno. Para ello, se cuantifican las tasas de emisiones de CO_2 que producen las actuaciones de la "*estrategia de rehabilitación óptima*" durante la fase de fabricación y puesta en obra para dictaminar cuanto tiempo es necesario para compensar las tasas de emisiones y establecer qué medidas tiene un mayor impacto. Esta última parte de la investigación es la que el presente artículo desarrolla en profundidad.

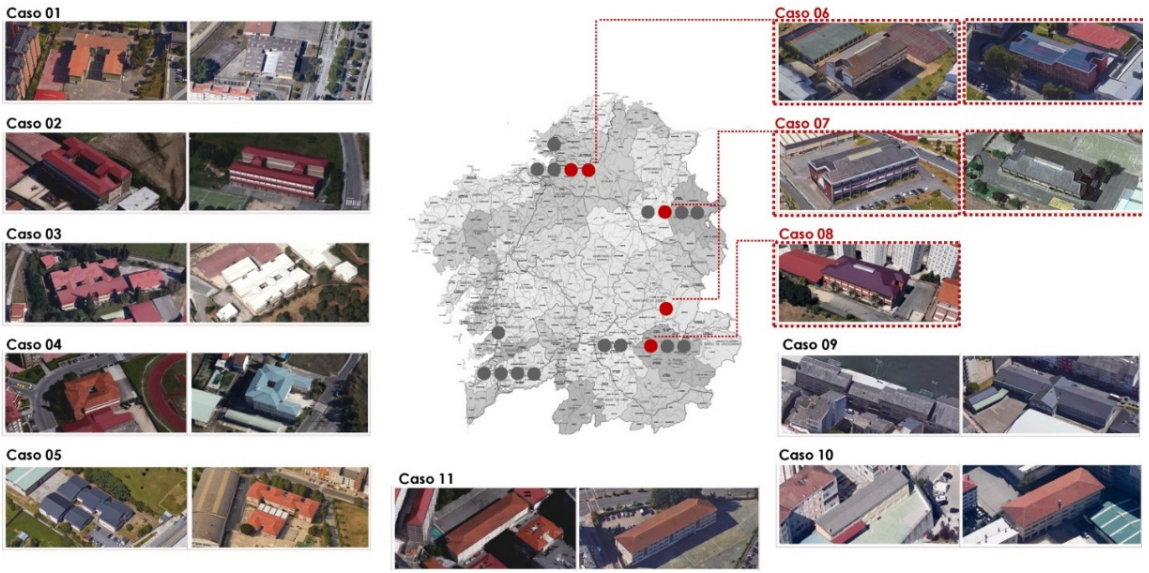


Figura 3. Ubicación de los 5 colegios del presente artículo (casos 06/07/08) y de la muestra de 21 colegios de la tesis doctoral.

METODOLOGÍA

La metodología de cálculo se ha basado en el "*análisis de ciclo de vida"* (ACV) para determinar los impactos ambientales generados por las diferentes actuaciones de rehabilitación energética (fase de fabricación y construcción) que se han utilizado para rehabilitar los 5 colegios objeto de estudio.

El ACV se evalúa en términos de uso de materiales (inputs) y de emisiones de sustancias contaminantes como el CO_2 (outputs). El proceso de evaluación se realiza con el programa de cálculo SIMAPRO y para una correcta ejecución se han establecido los siguientes componentes:

1. Definición objeto.
2. Inventario del ACV. Energía que se consumirá y materiales que se utilizarán.
3. Evaluación del ciclo de vida, definir los impactos en energía y emisiones.

Definición objeto: Analizar impacto ambiental del proceso de rehabilitación

Se opta por un "*modelo de análisis descriptivo*" que determine que problemas medioambientales se atribuyen a cada una de las actuaciones de rehabilitación energéticas realizadas en los 5 centros escolares.

Unidad funcional: "Rehabilitar energéticamente el colegio del caso de estudio"

Se escoge como "*unidad funcional*" el proyecto tipo que ha permitido construir los 5 colegios del presente artículo y se determinan los impactos generados por las actuaciones en: fachada, cubierta, huecos y forjados exteriores. Se trata de un colegio de PB+II de uso escolar con una superficie acondicionada de 2.306m^2 que fue construido en 1976. Se

estima un ciclo de vida mínimo después del proceso de rehabilitación de 20 años en el cuál se realizan las siguientes actuaciones energéticas en la envolvente:

- Aislamiento térmico en fachada (SATE): 1.021 m^2
- Aislamiento forjado superior en bajo cubierta (LW): 916 m^2
- Aislamiento cara inferior forjado exterior (LW): 257 m^2
- Sustitución de los huecos originales (2 alternativas de estudio: PVC o aluminio): 284 m^2

Objetivo del análisis: "analizar el impacto ambiental de la etapa de fabricación y construcción"

En la "*etapa de fabricación"* se considera la producción de los materiales utilizados en la rehabilitación: aislamientos, carpinterías, vidrios, residuos, etc. Mientras que en la *"etapa de construcción"* se tiene en cuenta el proceso de rehabilitación: transporte, colocación, residuos, etc. Se analiza la rehabilitación energética mediante un modelo descriptico de ACV que permita detectar que problemas genera la rehabilitación energética durante las 2 etapas estudiadas. Posteriormente se compara con la reducción de emisiones de CO_2 que produce la rehabilitación para establecer en cuanto tiempo se compensan las emisiones de la fabricación y construcción de los materiales introducidos en la obra.

Inventario del ACV

Se escoge el "*indicador de punto final*" ya que refleja el impacto medioambiental resultante sobre el ecosistema en la unidad de equivalencia Kg CO_2 Eq.

Fase de fabricación

Se consideran 4 subsistemas (tabla I), uno por cada parte de la envolvente que se va a rehabilitar (fachada, cubierta, forjados y huecos). En el caso de los huecos se estudian dos alternativas (carpintería PVC o aluminio).

SUBSISTEMAS	**CEIP Paradai**	**CEIP A Gándara**	**CEIP E. P. Bazán**	**CEIP V. L. Seoane**	**CEIP O Couto**
FACHADA	*SATE 120 mm*	*SATE 120 mm*	-	-	-
CUBIERTA	*LW 160 mm*	*LW 160 mm*	*LW 140 mm*	*LW 140 mm*	*LW 140 mm*
FORJADO EXT.	*SATE 100 mm*	*SATE 100 mm*	*SATE 80 mm*	*SATE 80 mm*	*SATE 100 mm*
HUECOS	*PVC 8/16/8*	*PVC 8/16/8*	*PVC 8/16/8*	*PVC 8/16/8*	*PVC 8/16/8*
	ALUMINIO 8/16/8	*ALUMINIO 8/16/8*	*ALUMINIO 8/16/8*	*ALUMINIO 8/16/8*	*ALUMINIO 8/16/8*

Tabla I. Actuaciones independientes de la "estrategia de rehabilitación óptima" paca cada colegio objeto de estudio.

Evaluación del impacto

Se escoge la metodología de impacto ambiental de "*IPC 2007 GWP 20a*" que establece un análisis de ciclo de vida a 20 años y permite evaluar todos los gases de efecto invernadero pertinentes, incluidos en el "Protocolo de Kioto", al convertirlos en emisiones de CO_2 equivalente por medio de los coeficientes del potencial de calentamiento global en 20 años (GWP) establecidos por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). Entre los gases destacan: Dióxido de carbono (CO_2), Metano (CH_4), Óxido Nitroso (N_2O), hidrofluocargonos (HFCs), Perfluorcarbonos (PFCs), Hexafluoruro de azufre (SF6).

RESULTADOS Y DATOS OBTENIDOS

La estrategia de rehabilitación energética óptima genera una "*tasa anual de emisiones de CO_2"* muy inferior a la del estado actual y con porcentajes de reducción que varía entre el 53% y el 62% tal y como se indica a continuación:

- CEIP Paradai: 34.812 $KgCo_2$ (60,5% reducción)
- CEIP A Gándara: 32.165 $KgCo_2$ (53,9% reducción)
- CEIP Emilia Pardo Bazán: 27.164 $KgCo_2$ (61,9% reducción)
- CEIP Víctor López Seoane: 35.165 $KgCo_2$ (58,9% reducción)

- CEIP O Couto: 27.776 $KgCo_2$ (54,6% reducción)

Así pues, la reducción de emisiones de CO_2 entre el "*estado actual*" y el *"estado reformado*" de los 5 colegios objeto de estudio permite compensar en poco tiempo las emisiones generadas durante los procesos de rehabilitación energética (tabla II). A través de la metodología detallada anteriormente sobre el ACV, las actuaciones que forman parte de la estrategia de "*rehabilitación energética óptima*" durante la fase de fabricación y construcción generan el siguiente impacto ambiental en emisiones de CO_2:

	Variante carpintería PVC	***Variante carpintería ALUMINIO***
- CEIP Paradai:	228.000 $KgCo_2$	359.055 $KgCo_2$
- CEIP A Gándara:	227.000 $KgCo_2$	356.979 $KgCo_2$
- CEIP Emilia Pardo Bazán:	201.600 $KgCo_2$	316.000 $KgCo_2$
- CEIP Víctor López Seoane:	164.060 $KgCo_2$	258.000 $KgCo_2$
- CEIP O Couto:	165.100 $KgCo_2$	260.000 $KgCo_2$

En todos los colegios se puede compensar las emisiones del proceso de rehabilitación en un plazo muy corto de entre 6 y 7 años (tabla II) siempre que se escoja una solución con carpintería de PVC. En caso de escoger una solución en aluminio se generan mayores impactos y se aumenta en hasta 5 años el periodo de compensación de la tasa de emisiones de CO_2 (colegio Emilia Pardo Bazán). Los colegios en los que se tardaría más tiempo en compensar las emisiones son aquellos en los que se ha planteado actuaciones en fachada con SATE (Paradai y A Gándara). Es significativo destacar que entre los colegios de mayor y menor tasa de emisiones de CO_2 que se producen durante el proceso de rehabilitación tan sólo hay 1 año de diferencia. Este aspecto se debe a que la solución de SATE aunque genera mayores impactos ambientales también produce una reducción muy considerable en el consumo lo que se traduce en una menor tasa de emisiones en el día a día de uso del colegio y en consecuencia un menor impacto ambiental que permite que tan sólo se prolongue 1 año el "*payback ambiental*".

	Tasa Anual Emisiones CO_2 ($kgCO_2$ año)		***Estrategia Rehabilitación*** *(carpintería PVC)*		***Estrategia Rehabilitación*** *(carpintería ALUMINIO)*	
	Estado Actual	***Estado Reformado***	***Emisiones Rehabilitación*** ($kgCO_2$año)	***Payback Ambiental*** (años)	***Emisiones Rehabilitación*** ($kgCO_2$año)	***Payback Ambiental*** (años)
PARADAI	57.585	22.773	228.000	**7**	359.055	10
A GANDARA	59.632	27.467	227.000	**7**	356.979	11
E.P. BAZAN	43.883	16.719	201.600	**7**	316.000	12
V.L. SEOANE	59.632	24.467	164.060	**6**	258.000	8
O COUTO 01	50.925	23.149	165.100	**6**	260.000	9

Tabla II. Tabla resumen del periodo de compensación de las emisiones de CO2 (payback ambiental).

Diagramas de flujos de impactos ambientales en las rehabilitaciones energéticas

Según los diagramas de flujo del impacto ambiental producidos por las estrategias de rehabilitación energética en cada colegio (figuras 3,4,5,6 y 7), el mayor impacto ambiental se produce con la fabricación de las carpinterías de PVC, que varía entre los 175.000 $KgCO_2$ del colegio E.P. Bazán y los 142.000$KgCO_2$ del colegio O Couto. Corresponde con un porcentaje de impacto ambiental respecto al total que oscila entre 60% y 80% según las dimensiones de los huecos de cada colegio. El segundo impacto ambiental es la fabricación del SATE de fachada que provoca de media 61.000 $KgCO_2$, lo que

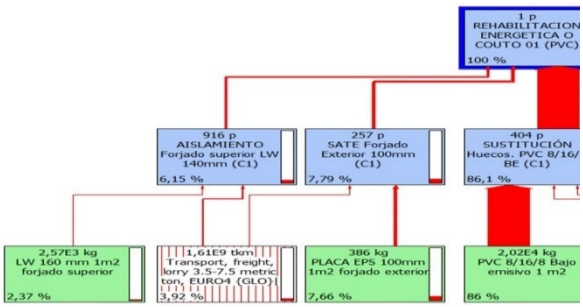


Figura 4. Diagrama impactos ambientales CEIP O Couto.

corresponde con un porcentaje en torno al 20% de los impactos totales.

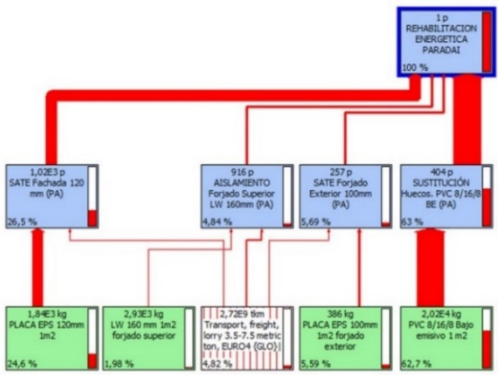


Figura 5. Diagrama impactos ambientales CEIP Paradai.

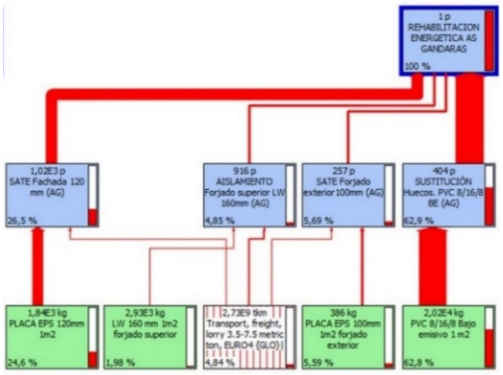


Figura 6. Diagrama impactos ambientales CEIP A Gándara.

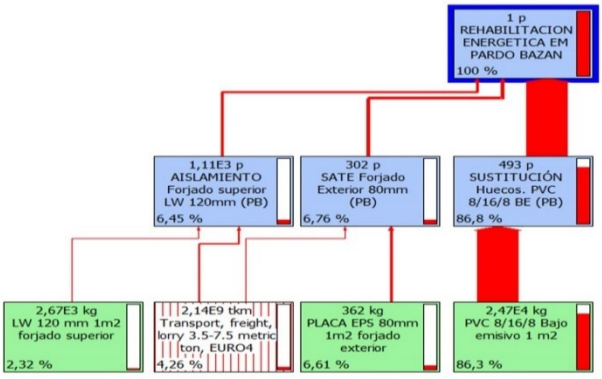


Figura 7. Diagrama impactos ambientales CEIP E.P. Bazán.

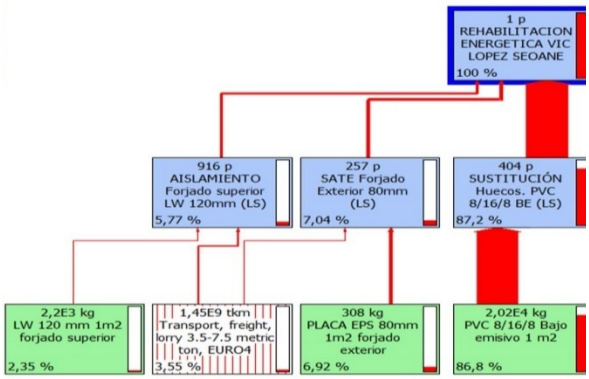


Figura 8. Diagrama impactos ambientales CEIP B. L. Seoane.

CONCLUSIONES

El objetivo del presente artículo era demostrar que el proceso de rehabilitación energética en los 5 colegios no generaba mayores impactos ambientales que los beneficios obtenidos de reducción de la tasa de emisiones de CO_2 tras la intervención energética llevada a cabo en estos edificios. Así pues, se puede afirmar que los plazos de tiempo para compensar las emisiones generadas por la fabricación y construcción de las actuaciones energéticas son inferiores a los 8 años. Este periodo temporal permite afirmar que estas actuaciones son viables ambientalmente en edificios escolares con una vida útil actual de más de 40 años. Se afirma que los plazos de compensación de las tasas de emisiones de CO_2 (payback ambiental) son de 7 años, mientras que los plazos de amortización económica (payback) son de media de 20 años. Por tanto, se demuestra que desde un punto de vista ambiental y sostenible las rehabilitaciones energéticas en los centros escolares también son viables. El mayor impacto ambiental se produce con la sustitución de los huecos por un sistema PVC (8/16/8). Representa como norma media un porcentaje de "*impacto ambiental*" respecto al total de la intervención de entre el 60%-80%. Para minimizar los impactos ambientales (fabricación, transporte y puesta en obra) se estudió por prestaciones térmicas y de coste económico la alternativa de una carpintería de aluminio (8/16/8); pero el impacto ambiental que se producía esta solución aún era mayor y se desechó dicha posibilidad. Por último, con respecto al resto de actuaciones la intervención con SATE es la segunda que mayor impacto ambiental generaba, en torno a un 25%; en cambio las soluciones de aislamiento con lana mineral eran

las que menos tasa de emisiones de CO_2 producían, ya que en algunos casos incluso eran superadas por las emisiones producidas por los procesos de transporte.

REFERENCIAS

- Baker, N.V., 2009, A hadnbook of Sustainable Refurbishment: Non domestic Buildings. Earthscan. London.
- Cuchí, A., 2003, Parámetros de sostenibilidad. Barcelona; ITEC.
- D´Agostini Et Al, 2016, Synthesis Report on the National Plans for nZEBs. EUR27804 EN, doi 10.2790/659611.
- Gaitani, N., 2014, Resumen ejecutivo Proyecto ZEMeds. Estado del arte de los edificios de consumo casi nulo (nZEB) en la zona mediterránea. Atenas.
- Liddament, M., 2006, Chapter 4: Ventilation and air infiltration. CIBSE Guide A: Environmental design. Londres.
- Erhorn-Kluttig, H., 2016, Solutions sets for zero emission / Zero energy school buildings. http://www.school-of-the-future.eu/
- World Wildlife Fund (WWF), 2010, Pontencial de ahorro energético y de reducción de Emisiones de CO2 del parque residencial existentes en España en 2020. Madrid.

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONITORIZACIÓN DE VIVIENDA PASSIVHAUS EN CLIMA DE MONTAÑA

Luis Fernández Gutiérrez, Arquitecto y diseñador passivhaus, Coanda passivhaus S. Coop.

Resumen: La propuesta gira en torno al proceso de diseño, construcción y motorización de una vivienda unifamiliar passivhaus, ubicada a mas de 1000msnm en Sanabria (Zamora). Se ha construido con un sistema industrializado de entramado ligero de madera, siguiendo los criterios del estandar passivhaus (se encuentra actualmente recién terminada, y en fase de certificación). Además de cumplir los requisitos del estandar, se han integrado sistemas renovables tanto para generación de ACS (aerotermia), como para la producción eléctrica (2,5Kwp de paneles fotovoltaicos). Se ha optado por no incluir baterías, y gestionar el aporte fotovoltaico a través de un control domotico, que también monitoriza temperaturas (por estancias) así como humedad y Co2 (por plantas). El proyecto tiene un componente altamente experimental, ya que se ha participado intensamente en fase de diseño, construcción, y también se va a habitar. Esto motiva que se hayan podido introducir soluciones no habituales, con cierto espíritu experimental, y que se vaya a poder evaluar de primera mano el comportamiento de la vivienda.

Palabras clave: EECN, Passivhaus, Renovables, Monitorización, Confort, Salud

CONDICIONANTES DE PARTIDA

La comarca de Sanabria es una zona montañosa de temperaturas extremas, que se caracteriza por temperaturas bajo cero en invierno, y una alta oscilación térmica día-noche en verano, que suele andar de media en torno a 24º. Además, pese al frío extremo del invierno, suelen ser inviernos soleados. Esta situación conduce a que las viviendas en esta zona tengan un gasto elevadísimo en calefacción, y salvo casos extremos de viviendas mal orientadas, o bajo cubiertas sin aislamiento, no sea necesaria la refrigeración.

La vivienda es una unifamiliar aislada, de 150m2 de superficie útil acondicionada, para dar cobijo a una familia de 4 miembros.

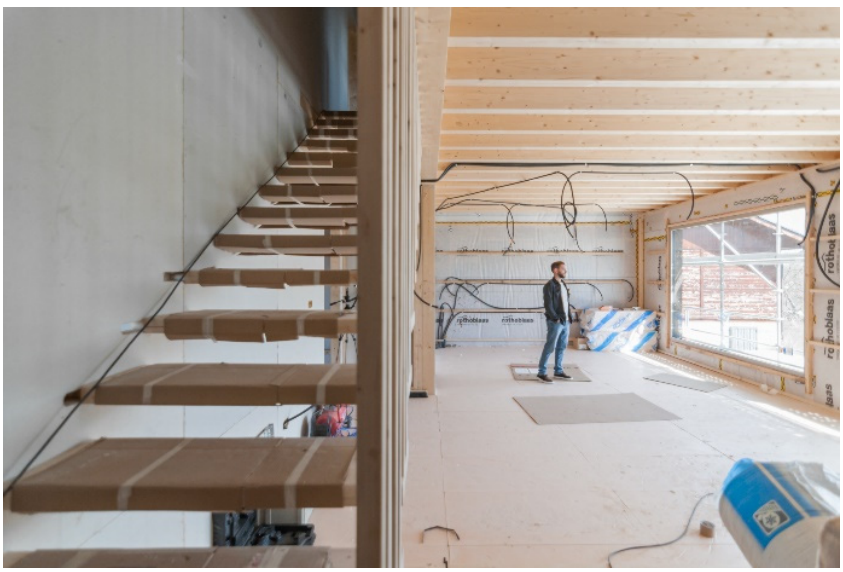


Figura 1. Imagen de la zona de salón-comedor-cocina, en fase de obra.

¿Por qué Passivhaus?

Desde el principio teníamos claro, que la vivienda tenía que ser de consumo casi nulo. La normativa española va dando pequeños pasos en su búsqueda del ECCN, pero aún esta muy lejos de llegar. Nuestra experiencia en el diseño bajo criterios passivhaus nos lleva al convencimiento de que este estándar de construcción es el que ofrece el confort y el ahorro energético que entendemos como irrenunciable a la hora de plantear una nueva vivienda.

Diseño bioclimático

Un adecuado diseño bioclimático nos ha permitido abaratar las soluciones constructivas, para ello se ha trabajado, orientando las estancias principales al Sur, proporcionando protección solar para los meses de verano mediante aleros, toldos y persianas, y se ha realizado una envolvente de alta compacidad, lo que ha permitido optimizar los espesores de aislamiento, y necesidades de carpinterías.

Soluciones constructivas

- Fachadas: Envolvente de entramado ligero de madera, con 20cm de lana mineral entre montantes, reforzados con 4cm de corcho natural, acabados con mortero de cal y proyectado de corcho, al exterior. Al interior se coloca un trasdosado de placa de fibroyeso, con 5cm para paso de instalaciones y suplemento de aislamiento con lana mineral
- Cubierta: Entramado ligero de madera.con 30cm de lana mineral en el entrevigado.
- Suelo: Se ha colocado una losa de hormigón armado de 30cm, que hace las funciones de cimentación, y sobre esta se han dispuesto 18cm de XPS. Sobre esto se ha dispuesto una solera de mortero semiseco de 10cm y un acabado de gres porcelánico.
- Carpinterías: se han colocado carpinterías mixtas de madera-Aluminio con vidrios triples y cámara de argón. Las distintas composiciones nos han dado valores de U instalada entre 0.66 y 1,14 W/(m^2K).
- Puentes térmicos: la elección de un sistema de construcción con madera, ha facilitado el control de puentes térmicos. A pesar de ello se han calculado todos los necesarios para garantizar tanto la ausencia de mohos y condensaciones, como para mantener un nivel aceptable de perdidas energéticas.

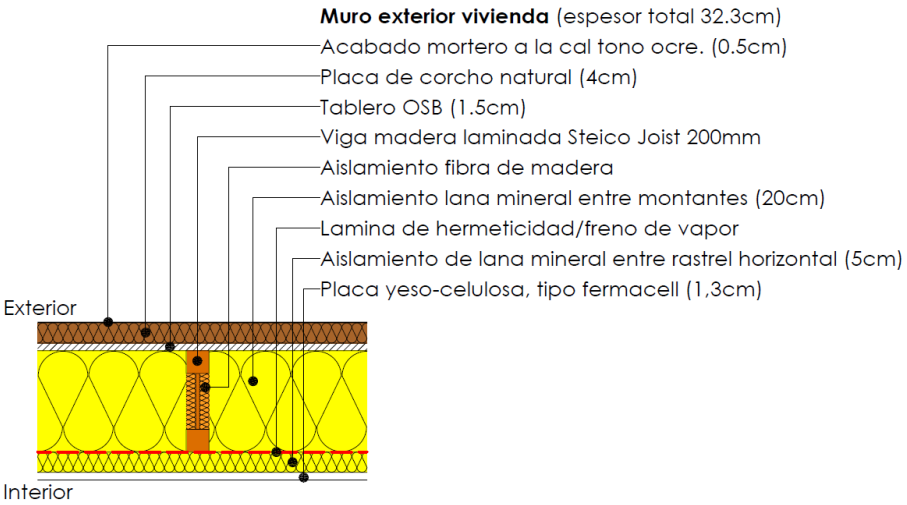


Figura 2. Sección horizontal del muro de fachada.

Hermeticidad

El concepto de hermeticidad es y ha sido ignorado sistemáticamente por la normativa española, a pesar de que está demostrado que a medida que se reducen las perdidas energéticas gracias a las mejoras en el aislamiento de la envolvente, se vuelven críticas las perdidas energéticas debidas a infiltraciones descontroladas. En nuestro caso, se ha optado por realizar una solución de hermeticidad con lamina de freno de vapor, colocada por el interior, y protegida por los 5cm del trasdosado y la placa de fibroyeso. Está lamina da solución a la hermeticidad de paredes y techos, mientras que en el suelo se confía a la losa de hormigón armado. La solución se complementa con el encintado y sellado de las carpinterías contra la lamina, así como con el sellado de los pasos de instalaciones.

Para comprobar la correcta ejecución de la obra, se realizó un ensayo blower-door, que arrojó un resultado de 0.33 renovaciones/hora. Bastante por debajo de las 0.6 renovaciones/hora que exige como máximo el estándar passivhaus.

Ventilación

Este concepto va ligado intimamente al de la hermeticidad, ya que una vivienda hermética sin una adecuada ventilación es susceptible de sufrir diversas patologías por falta de calidad del aire, y exceso de humedad ambiental.

Los sistemas prescriptivos del CTE penalizan mucho la eficiencia energética, al renovar el aire interior con aire del exterior a temperatura ambiente. En un clima como este, es una solución totalmente inaceptable. En fase de proyecto se realizaron simulaciones energéticas en las cuales se obtuvieron resultados sorprendentes, como que el hecho de no controlar ventilación ni hermeticidad aumentaba la demanda energética de la vivienda en un 300%.

Finalmente se optó por colocar un sistema de ventilación mecánica con recuperación de calor de alto rendimiento, que nos permite ventilar de forma continua sin perder apenas energía.

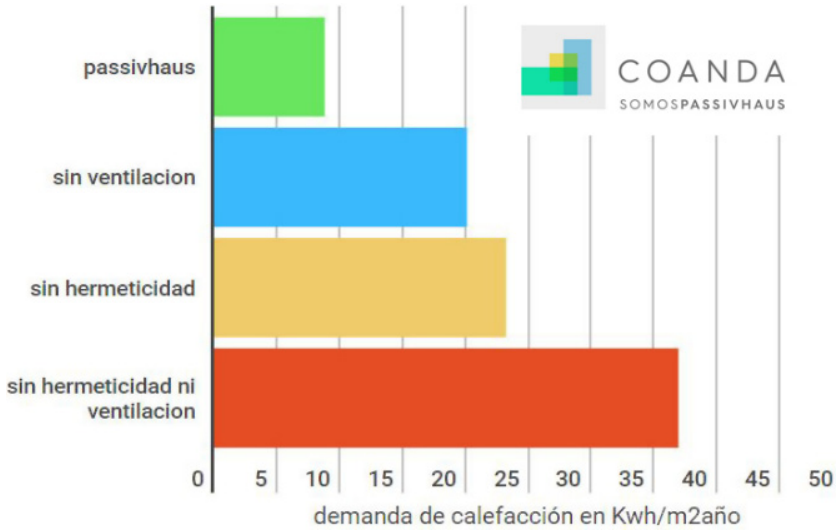


Figura 3. Comparativa entre valores de cálculo con criterios passivhaus y CTE (pasamos de 8.8 a 36,9 kWh/m2año). Fuente: Coanda passivhaus.

Instalaciones

El concepto de casa pasiva, incluye un progresiva simplificación de las instalaciones. El objeto final es que la casa tenga un funcionamiento lo menos dependiente posible de complejos sistemas de climatización. Por ello se ha intentado reducir el numero de sistemas y su complejidad de uso al mínimo.

- Fotovoltaica. Uno de los objetivos de los edificios de energía casi nula, es que, a la vez que baja la demanda energética, esta se cubra en la medida de lo posible con energías renovables originadas en el propio edificio o en su entorno cercano. Con este fin se instalan 10 paneles fotovoltaicos, con una potencia de 2.5Kwp. Esta instalación funciona conectada a red, vertiendo el excedente.
- ACS. Se opta por un sistema de aerotermia, con acumulador de 275l.
- Calefacción. Partimos de la premisa de que la vivienda tiene una carga de calefacción bajísima (10W/m^2), por tanto en el caso mas desfavorable podría requerir 1.5kW de potencia para calentarla. Se opta por colocar seis placas radiantes electricas y dos toalleros radiadores en los baños de 400W de potencia cada uno (3.2kW en total). Se sobredimensiona, ya que no se han encontrado en el mercado sistemas eléctricos de menos potencia.
- Ventilación: Instalación de ventilación mecánica de doble flujo con recuperador de calor de alto rendimiento.
- Domótica: La función principal del control domotico es optimizar el funcionamiento y la eficiencia energética de la vivienda, para minimizar la necesidad de intervención del usuario.

Funcionamiento de la vivienda

La vivienda ha sido diseñada para tener unos bajísimos datos de demandas energéticas: Demanda de calefacción de 8kWh/m^2año, una demanda de energía primaria no renovable de 49kWh/m^2año (para todos los usos, incluida iluminación y electrodomesticos), y una demanda de refrigeración nula, con una tasa de sobrecalentamiento por encima de 25ºC de un 5% (438 horas anuales).

La clave de la extrema eficiencia energética de la vivienda radica en el adecuado uso que se haga de ella. Hay que tener en cuenta que en muchas ocasiones la certeza de que un edificio funcione conforme se ha proyectado queda en manos del usuario final, que muchas veces por desconocimiento o desinterés hace que su casa funcione contra natura.

En este caso se ha planteado la domótica como pasarela de interactuación entre el usuario y la casa. Hoy en día es una tecnología suficientemente madura para garantizar el funcionamiento de los sistemas, y su manejo está al alcance de todos los habitantes, tanto niños como adultos, que pueden interactuar a través de teléfonos, tablets y ordenadores personales, y pueden recibir alertas ante cualquier anomalía en el funcionamiento.

Con el fin de poder monitorizar el funcionamiento de la casa, y utilizar esos datos para el control de los sistemas se han domotizado los siguientes elementos:

Sensores temperatura

Se ha colocado un sensor por estancia, tanto dentro como fuera de la envolvente, y también en el exterior de edificio.

Sensores humedad y CO2

Se ha colocado un sensor en planta baja en la zona de día (salón-comedor-cocina) y otro en planta primera en el dormitorio principal.

Paneles radiantes y radiadores

Un radiador toallero en cada baño (2 en total), y un panel radiante en cada estancia (6 en total).

Persianas y toldos

Se han colocado tres persianas convencionales motorizadas en los dormitorios principales, orientados al sur y un toldo motorizado para proteger la gran zona acristalada en planta baja.

Aerotermia ACS

El equipo tiene orden de encendido por domótica y apagado a través de temperatura de consigna.

Ventilación

El equipo de ventilación interactua a través de una pasarela KNX.

Fotovoltaica y consumo de energía

Se accede instantáneamente a los datos, tanto de energía consumida, como de energía producida

El control domótico se encarga de monitorizar la producción fotovoltaica, y en función del excedente, enciende el Aerotermo, y almacena la energía en forma de agua caliente (puede almacenar hasta 275l a 62ºC, o en su defecto, si fuese necesario, iría encendiendo los radiadores/paneles radiantes, en función de la temperatura de la estancia correspondiente. Al haber sectorizado y colocado muchos elementos de baja potencia, la clave para aprovechar la producción fotovoltaica es no simultanearlos. Con eso se produce un porcentaje elevado del ACS y del aporte de calefacción por medio de la autoproducción. Con esto tenemos una solución de elevado confort, bajo consumo y un coste de implantación bajísimo.

Esto se complementa con los sistemas de sombreado, que de igual modo son controlados por la domotica, con el fin de cerrarlos en caso de que se detecte que la temperatura se incrementa y están abiertos.

La ventilación de igual modo, también interactua con los sensores de Co2 y humedad, variando los caudales en función de los valores obtenidos, garantizando en todo momento una calidad excelente del aire interior.

El sistema domótico y la conexión a internet se han protegido de posibles cortes en el suministro mediante un SAI, que los hace autónomos, y que garantiza que el equipo avisará al usuario de cualquier anomalía prácticamente en cualquier circunstancia.

Datos obtenidos

El precio final de la vivienda ha sido de 937€/m2 construido.

A fecha 24 de septiembre de 2018 la casa lleva únicamente habitada un mes. Ha sido un mes de septiembre excepcionalmente cálido. La temperatura interior se ha mantenido constante en torno a 25ºC, tanto de día como de noche, y con ligeras variaciones de menos de 1ºC entre plantas.

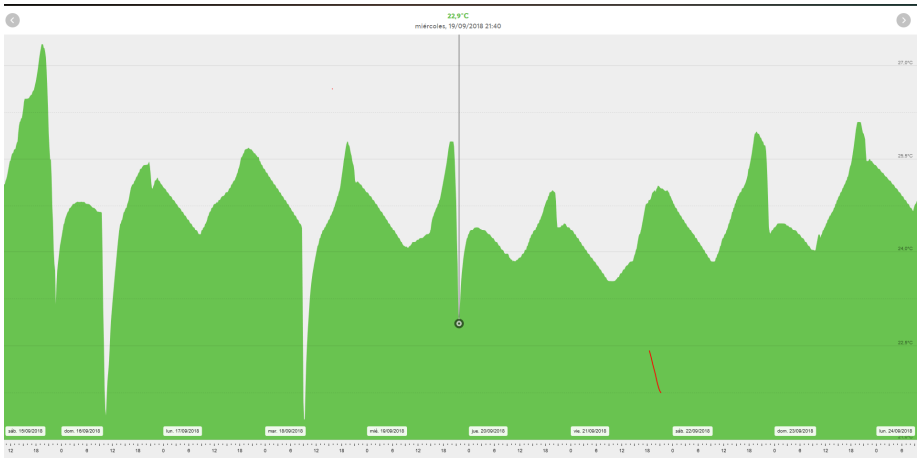


Figura 4. Las temperaturas oscilan entre23 y 25.5ºC los picos de descensos pronunciados se corresponden con aperturas de ventanas. La gráfica muestra una semana completa del 15 al 23 de septiembre.

Las concentraciones de CO2 se han mantenido siempre por debajo de 1000ppm, acercándose a este valor en momentos puntuales, cuando ha llegado a haber más de 10 personas en la casa.

El agua caliente se ha producido con energía obtenida de las placas al 100%, y los consumos diurnos, teniendo un poco de cuidado con los horarios de usos de electrodomésticos, prácticamente también se han cubierto, salvo picos puntuales de consumo.

Durante este primer mes, la vivienda ha consumido de la red 150Kwh, lo que, al cambio, y con la tarifa con discriminación horaria contratada, viene a suponer unos 14€ de consumo eléctrico. En este consumo están incluidas absolutamente todas las necesidades energéticas de la vivienda. Cabe resaltar que a fecha de hoy y desde que se pusieron en marcha las instalaciones eléctrica y fotovoltaica, la vivienda ha consumido en total 347,2kWh, y ha producido 644.7kWh, de los cuales se han vertido a la red los excedentes (447.5kWh).

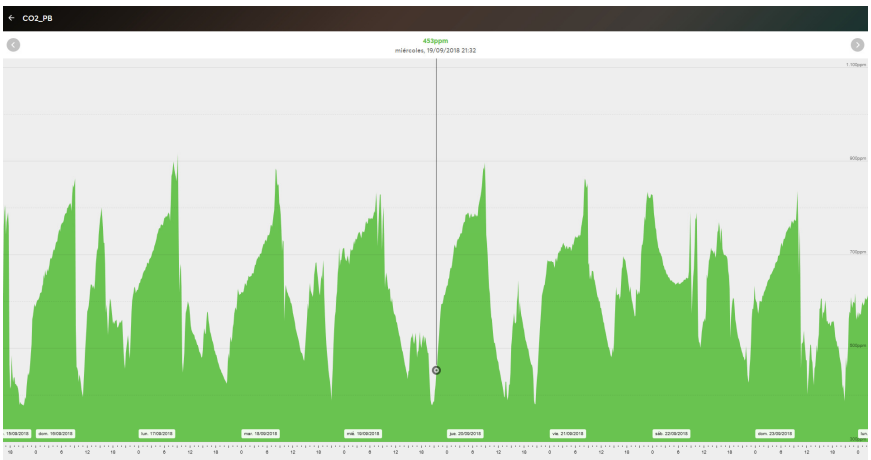


Figura 5. Las concentraciones de CO2 en la zona de día oscilan entre 400 y 900ppm. correspondiendo los valles a horas de noche o diurnas con apertura de ventanas y los altos a horas de comida o visitas.

La sensación de confort es absoluta. Total ausencia de ruidos del exterior. La calidad del aire interior se nota sobre todo en la ausencia de olores, pero de manera especialmente notable, en la sensación de frescor que uno nota en el aliento cuando se despierta por la mañana.

En días puntuales de calor extremo, ha sido necesario realizar aperturas de ventanas, bien a última hora de la tarde, bien a primera de la mañana. Con una apertura de 30 minutos a las 9 de la mañana, la casa es capaz de bajar 2-3ºC sin mayores problemas.

CONCLUSIONES

Quizá es un poco pronto para obtener conclusiones definitivas pero lo que si podemos tener claro a la vista del comportamiento inicial es que:

- El confort es máximo.
- La temperatura es muy estable.
- El ahorro en consumos y sobre todo en la factura energética es muy elevado.
- La domotica representa un avance claro en cuanto a la comodidad del usuario para la gestión de la vivienda.

Como contras, podemos indicar que, para mantener la temperatura interior en parámetros adecuados, es necesaria la intervención del usuario para apertura y cierre de ventanas y ventilación cruzada. Es cierto que esto podría haberse cubierto con sistemas de climatización, y el consumo hubiese sido mínimo, pero lo favorable de la climatología de la zona, con temperaturas nocturnas muy bajas ha permitido no hacerlo necesario.

Podemos concluir que se puede construir una vivienda a un precio razonable, con unas prestaciones muy por encima de lo que el mercado está ofreciendo. Tan solo es necesario que el consumidor se conciencie y demande esa calidad. Tenemos el conocimiento y los medios que es lo único imprescindible para ofrecerla. Y dentro de poco tendremos también la obligación legal, así que es nuestro deber mirar al futuro con ojos optimistas e ilusión por mejorar lo presente.

SISTEMA DE AEROTERMIA CON CO2 PARA PRODUCCIÓN COMUNITARIA DE AGUA CALIENTE SANITARIA: RESIDENCIAL ARROYO FRESNO EECN

Daniel Diedrich, Arquitecto / Doctorando, Universidad de Alcalá de Henares
Talia Dombriz, Directora Proyectos, DMDV Arquitectos
Susana Olivo, Prescriptora, Lumelco

Resumen: Diseño del edificio residencial de 14 viviendas en proceso de certificación Passivhaus Classic, y del sistema de generación de Agua Caliente Sanitaria en producción comunitaria mediante bomba de aerotermia con CO2 como gas refrigerante. Será el primer edificio residencial colectivo certificado Passivhaus de la Comunidad de Madrid. Además, se presenta, como solución idónea para edificios ECN, el sistema de producción de ACS comunitaria mediante sistema con Bomba de Aerotermia con CO2 como refrigerante Q-TON de Mitsubishi Heavy Industries. Con acumulación de agua caliente y un rendimiento espectacular nos permite solventar el gran problema de la generación de ACS en edificios de consumo de energía casi nulo que tengan consumos de ACS medios y elevados. Además, permite evitar la carga interna que supone la presencia de un depósito de acumulación de ACS dentro de cada vivienda. La posible conexión de esta instalación de ACS a la instalación fotovoltaica del edificio nos permite producir ACS con un consumo muy bajo.

Palabras clave: Generación ACS Comunitaria, Aerotermia, CO2, Alta Temperatura, Energías Renovables

INTRODUCCIÓN

Se proyecta un edificio residencial colectivo de 14 viviendas, que cuenta con planta sótano para garaje y trasteros, planta baja con áreas comunes formadas por zonas verdes, piscina comunitaria, huertos urbanos asignados a cada vivienda y sala de coworking. En planta primera a cuarta se disponen las viviendas entorno a dos portales. En todas las plantas se ubican cuatro viviendas idénticas por planta, excepto en la planta cuarta donde solamente se disponen dos viviendas. El edificio se encuentra en fase de ejecución de las obras.

EDIFICIO

El edificio se desarrolla sobre una parcela rectangular de 1.287,85 m2. ubicada en la calle Gloria Fuertes 144, la cual pertenece a una manzana de edificios del nuevo barrio ubicado en el norte de Madrid, fruto del plan de actuación urbanística denominado como de “Arroyo del Fresno”. El edificio se configura mediante un volumen paralepípedo dispuesto sobre una planta baja porticada que contiene en sus áreas libres las zonas y usos comunes. Toda la planta baja se dispone sobre una planta de sótano que ocupa casi la totalidad de la parcela y que contiene el uso de aparcamiento y el de trasteros asociados a las viviendas.

Figura 1. Edificio Arroyo Fresno ECN Passivhaus (fuente: DMDV Arquitectos).

El volumen de vivienda se adosa en uno de sus lados menores al edificio vecino de la misma manzana. Se disponen cuatro viviendas por planta desde la planta primera a la tercera y dos viviendas por planta en la planta cuarta. Todas las plantas del edificio se comunican por medio de dos núcleos de comunicación vertical que cuentan con escalera y ascensor y que dan servicio cada uno de ellos a dos viviendas por planta. En la planta cuarta cada núcleo vertical solo da servicio a una vivienda. El edificio presenta cubierta plana no transitable donde se ubican las instalaciones de generación de ACS y de electricidad fotovoltaica. Las viviendas de la planta cuarta presentan terraza en sus extremos a modo de ático.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

La fachada está formada por una lámina de termoarcilla de 14 cm de espesor enfoscada por el exterior y con Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) formado por paneles de EPS grafitado de 15 cm de espesor. Revestimiento exterior de. Trasdosado interior un guarnecido de yeso y trasdosado de Placa de Yeso Laminar autoportante con lana de roca mineral de 40 mm de espesor entre montantes.

La cubierta plana no transitable con sistema invertido formado por paneles XPS de 24 cm de espesor dispuesto sobre la impermeabilización y en continuidad con el aislante proveniente de las fachadas. El aislamiento de fachada se encuentra con el aislamiento dispuesto bajo el techo de planta primera, del mismo tipo y oculto por el falso techo que cubre el área porticada de planta baja. Las ventanas de PVC usan vidrio de doble cámara con control solar. Los valores de transmitancia de envolvente son los habituales para edificios con estos sistemas constructivos en el clima de Madrid. Cerramientos de fachada U=0,17 W/m2. Ventanas Uv=1,04 W/m2.

INSTALACIONES

La calefacción y refrigeración se resuelve mediante el uso de suelo radiante alimentado por una bomba de aerotermia individual para cada una de las viviendas. La ventilación se resolvió mediante sistema de ventilación mecánica de doble flujo con recuperador de calor en un esquema en estrella con configuración también individual para cada vivienda. Las protecciones solares se realizan mediante estores exteriores enrollables con comportamiento automático ante el sol. La producción de ACS se realiza mediante una bomba aerotérmica de CO2 Q-TON MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES con producción comunitaria en cubierta. Además, el edificio cuenta con una instalación fotovoltaica de 20 paneles policristalinos de 345 W cada uno, para dar servicio a las zonas comunes del edificio.

AEROTERMIA COMO FUENTE RENOVABLE

Conforme al IDAE los sistemas de aerotermia se consideran energía renovable si el valor del Factor de Rendimiento Medio Estacional Estimativo (SPF) es mayor o igual a 2,5. Este Factor interfiere con la cantidad de Energía Aerotérmica Capturada (ERES) y el Calor Útil Estimado (QUSABLE) de la bomba.

ERES = QUSABLE x (1 – 1 / SPF) donde si SPF ≥ 2,5 Aerotermia es Renovable

En el caso de que este valor no venga definido por el fabricante, el IDAE proporciona un método de cálculo partiendo del COP de la bomba obtenido para las condiciones de temperatura que correspondan a la zona climática en la que se instale y según a la aplicación a la que abastezca, un Factor de Ponderación FP en función de la zona climática y un Factor de Corrección FC en función de la temperatura de uso y la obtención del COP.

SPF = COP x FP x FC

Dado que para equipos centralizados el factor de ponderación FP es menor a 1 en todas las zonas climáticas, necesitamos en la mayoría de los casos un equipo con un COP elevado y proporcionado por el fabricante para conseguir un SPF mayor o igual a 2,5. En el caso de la bomba de calor de CO2, que siempre trabaja por encima de 60º, su FC es 1 y no penaliza este rendimiento. Todo esto lleva a considerar que todo equipo de climatización y generación de ACS por aerotermia está formado por dos subsistemas donde en la mayoría de los casos la generación de ACS no cumple, porque el COP o no se proporciona o es bajo. Esto obliga en todos de los casos a la instalación de otra fuente renovable que aporte el 50% de generación de ACS conforme al CTE.

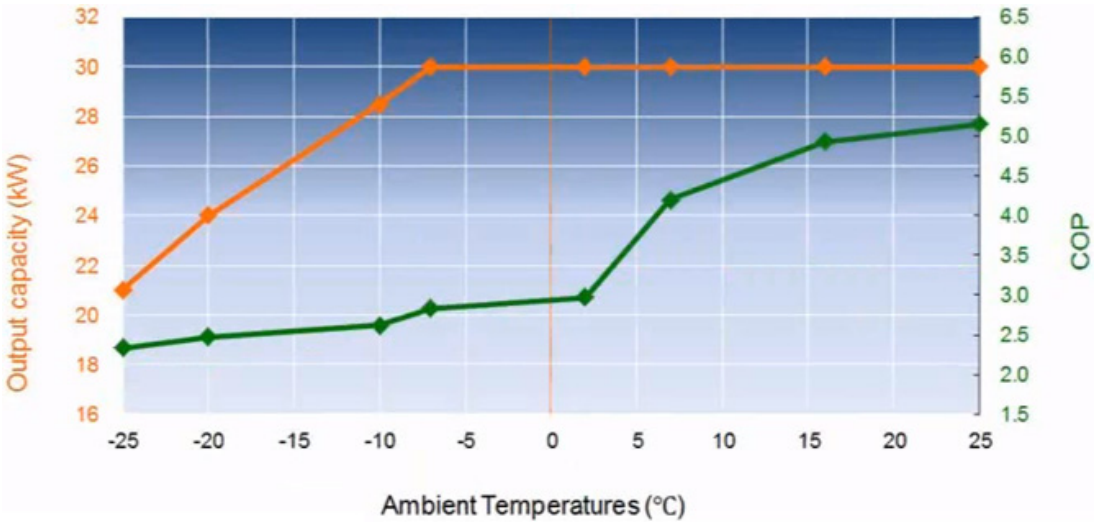


Tabla I. Eficiencia Energética. Bomba Q-Ton. ACS a 60º. Agua de red a 5º c (fuente: LUMELCO).

En el caso de generación de ACS mediante bombas de aerotermia para grandes consumos, con CO2 como refrigerante, ofrece las siguientes ventajas:

- COP medio estacional con valores de 4,3 incluso con temperaturas extremas
- Reducción energética considerable para la generación de ACS
- Generación de ACS mediante acumulación fuera de la envolvente térmica
- Generación de ACS entre 60º y 90º
- Potencias desde 30kW a 480Kw
- Refrigerante CO2 ecológico con índices de calentamiento global GWP= 1 y de potencial de destrucción de la capa de ozono ODP=0
- Posibilidad de conectar el sistema a una instalación fotovoltaica

GENERACIÓN ACS MEDIANTE INSTALACIÓN COMUNITARIA DE AEROTERMIA

En nuestro edificio optamos por la instalación de un equipo Q-TON MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES formado por una bomba modular ubicada en cubierta con una potencia calorífica nominal 30 kW y COP igual a 4,3 (temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 12°C, temperatura de agua de red 17°C y temperatura de salida de agua caliente 65 ºC, (datos del fabricante)) junto con el depósito estratificado necesario para el funcionamiento del sistema de 1000 litros y otros 2 depósitos de acumulación colocados en paralelo con la misma capacidad que el primero y destinados para el consumo.

El COP medio anual para la generación de ACS que hemos obtenido en la instalación prevista en el edificio es de 3,9. Muy superior al de opciones todo en uno. Ello, junto con el consumo de energía primaria y las emisiones de CO2 de Q-Ton, nos ha permitido justificar que la aerotermia es fuente de energía renovable y estar exentos de una instalación termo solar obligatoria en la Comunidad de Madrid. Esta instalación está pendiente de su posible conexión a la instalación fotovoltaica del edificio que con 20 paneles policristalinos proporciona una potencia de 6900 W, cubriendo casi la totalidad de la demanda de energía eléctrica del sistema y evitando las restricciones de uso de esta instalación en edificios residenciales colectivos.

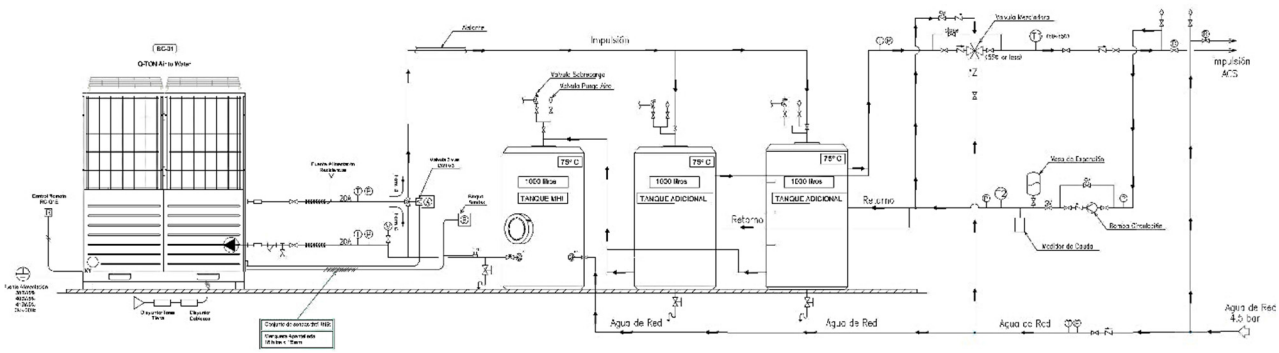


Figura 2. Esquema Generación ACS (fuente: DMDV Arquitectos).

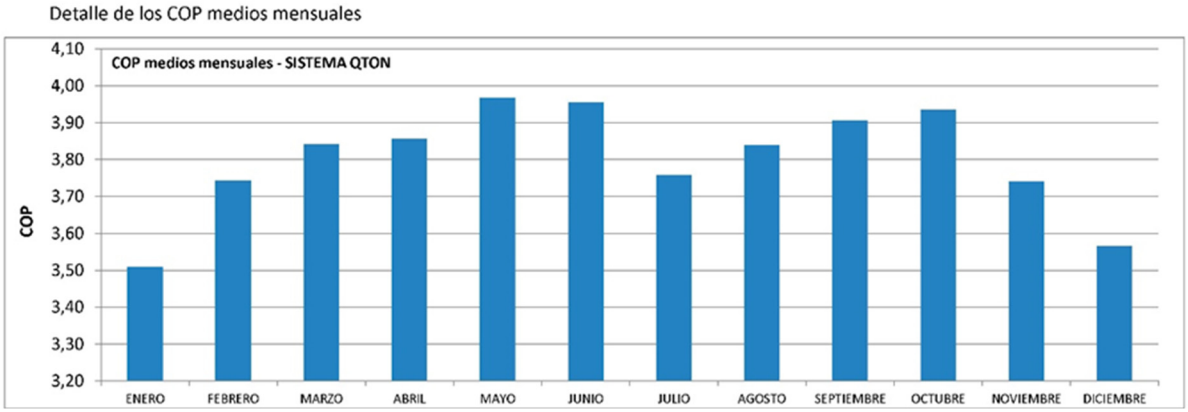


Tabla II. COP medio anula de 3,9 (fuente: LUMELCO).

CONCLUSIONES

En edificios con consumos de ACS medios o altos es recomendable la utilización de un sistema de generación mediante bomba de aerotermia con CO2, Q-Ton. Con un rendimiento muy elevado se obtiene ACS a alta temperatura, reduce el consumo eléctrico y su ubicación fuera de la envolvente implica térmica una reducción importante de cargas internas. Su mantenimiento es casi nulo y las características ecológicas de su refrigerante, el CO2 lo hace un sistema ideal para la generación de grandes producciones de ACS en edificios Passivhaus.

REFERENCIAS

- IDAE, 2014, Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios.
- SCHNEIDERS, 2009, Jürgen, Passive Houses in South West Europe – A quantitative investigation of some passive and active space conditioning techniques for highly energy efficient dwellings in the South West European region.
- VARIOS AUTORES. Passive-On Project. IEEA.The Passivhaus Standard in European Warm Climates: Design Guidelines for Comfortable Low Energy Homes. In: Part 3. Comfort, climate and passive strategies.

EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA UTILIZANDO RECURSOS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA (SOLAR, EÓLICA Y BIOMASA) Y MICROREDES INTELIGENTES

Fernando López Rodríguez, Presidente Comité de Edificación, Instituto de la Ingeniería de España (IIE)
Francisco Ayuga Tellez, Vicepresidente Comité de Edificación, (IIE)
Jose Antonio Juncá Ubierna, Secretario Comité de Edificación, (IIE)
Manuel Soriano Baeza, Vocal del Comité de Edificación, (IIE)
Justo García Sanz Calcedo, Profesor Contratado Doctor, Universidad de Extremadura

Resumen: Se presenta un estudio preliminar para que un edificio (Centro Administrativo) de la Junta de Extremadura en Mérida, a través de una serie de recursos de producción de energía distribuida (planta de energía solar, caldera de biomasa y turbina eólica), y una microred inteligente, se logre que tenga un consumo nulo de energía eléctrica a través de la red de distribución eléctrica. Para ello se debe conseguir que el edificio tenga un bajo consumo energético, como en nuestro caso. El proyecto consiste en instalar centrales fotovoltaicas o eólicas, de forma que produzcan la energía necesaria para funcionamiento del edificio, al mismo tiempo que se le dotará de en sistema complementario de almacenamiento de energía eléctrica. Todo ello se gestionará con una microred (en BT), que funciona con recursos distribuidos y un sistema inteligente de gestión de la misma. El sistema podrá funcionar desconectado de la red (en isla), con lo que dispondremos de un edificio de de energía nula (EEN), o conectado a la red de distribución si se quiere que los excedentes energéticos sean evacuados a la red, por lo que será necesario que se dote de una fuente de voltaje y frecuencia, y que sirva también de respaldo en caso de fallo. Para ello deberá estudiarse el patrón de consumo del edificio, de forma que con estos valores deberán dimensionarse los recursos renovables en cuanto a la planta fotovoltaica o la turbina eólica y el sistema de almacenamiento, consiguiendo que el edificio funcione como una microrred.

Palabras clave: Microrredes**,** Generación Distribuida**,** Gestión Inteligente

INTRODUCCIÓN

La Directiva 2012/31/UE (Art. 9), contempla que los edificios nuevos de la Administración a partir del 1 de enero de 2019 serán edificios de consumo de energía casi nulo (EECN).

Relativamente hace poco tiempo, no se pensaba que las Smart Grill (redes inteligentes) y las microrredes, combinado con la generación distribuida, podrían ser una solución para conseguir los ZEB, o edificios de energía cero. Esta situación, ya hoy puede ser una realidad, aunque todavía hace falta investigación, desarrollo de equipos y construcción de edificios, que permitan que esta cuestión sea una total realidad.

Una microrred es un pequeño sistema de energía capaz de equilibrar los recursos cautivos de oferta y demanda para matener un servicio estable dentro de un límite definido (Wolf, 2015). Las microrredes combinan, para formar un sistema completo, varios recursos de energía distribuida para formar un sistema completo que es más grande que sus partes.

Desde el año 2000, se ha comenzado a hablar de las microrredes como solución a las redes y generación centralizada, como una solución interesante para los edificios terciarios, administrativos, infraestructuras críticas, campus universitarios, comunidades aisladas, redes de islas, y complejos industriales o comerciales (Hatziargyriou, 2017).

Así, surgen proyectos tales como el "¡Sare Microgrid Guipuzcoa", que en el 2012 creó en el territorio guipuzcoano una microrred eléctrica inteligente. Se trata de un sistema de generación eléctrica bidireccional que permite la distribución de electricidad desde los proveedores hasta los consumidores, utilizando tecnología digital y favoreciendo la integración de las fuentes de generación de origen renovable con el objetivo de ahorrar energía, reducir costes e incrementar la fiabilidad (i-Sare, 2017).

Actualmente existen muchas investigaciones simultáneas en Canadá, Japon y EE.UU., paralelas a las europeas, donde se está realizando estudios para comprobar las características de de las microrredes (Hatziargyriou, 2017) y en todas ellas se está comprobando los beneficios y la eficiencia de las mismas.

En la figura 1 se puede ver un esquema de una microrred en la que se puede comprobar que el sistema controlador optimizador de energía (MGCC), pone en contacto, optimiza eficientemente y dirige la operación entre sistemas muy

diferentes tales como centrales de producción fotovoltaica, turbinas eólicas, generación a base de pilas de combustibles, cogeneración, etc. Sistemas de almacenamiento, cargas tales como el edificio de las características que nos ocupa, permitiendo la conexión y desconexión con la red convencional.

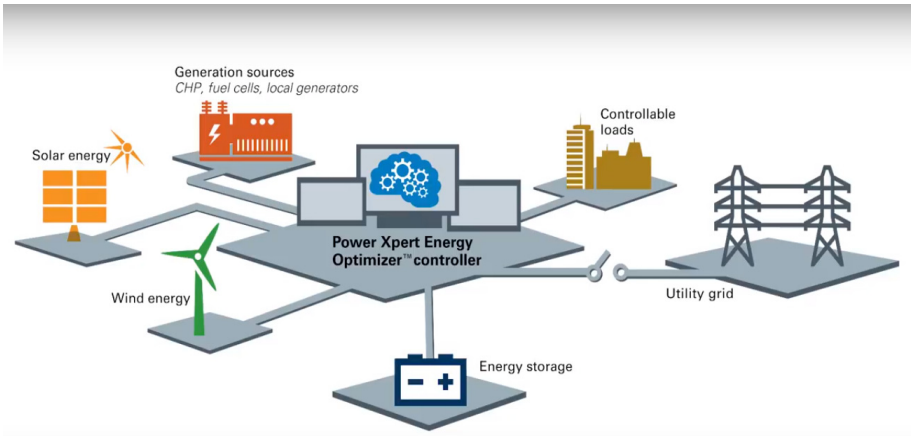


Figura 1. Esquema de una microrred.

Además, la microrred y el controlador optimizador de energía (MGCC) son capaces de distinguir si los precios de la energía son los óptimos, es decir, es capaz de comparar si los precios de la energía que se produce o que se explota, son más o menos caros que los que ofrece un distribuidor, para conectar o desconectar de la red del distribuidor o de cualquier otra red que se ofrezca. Estas operaciones ofrecen muchas variantes al explotador de la microrred.

EL PROYECTO

Diferentes tecnologías de microgeneración, como micro-turbinas (MT), fotovoltaica (PV), pilas de combustible (FC) y turbinas eólicas (WT) con una potencia nominal de hasta 100 kW se pueden conectar directamente a las redes de baja tensión. Estas unidades, generalmente ubicadas en los sitios de los usuarios, han surgido como una opción prometedora para satisfacer las crecientes necesidades de los clientes de energía eléctrica con énfasis en la confiabilidad y la calidad de la energía, proporcionando diferentes beneficios económicos, ambientales y técnicos. Claramente, se necesita un cambio en la filosofía de interconexión para lograr la integración óptima de dichas unidades.

La mayoría de las microrredes se pueden describir con más detalle en una de las siguientes cinco categorías (Microgrid Institute, 2015):

1. **Microredes fuera de la red,** incluidas islas, sitios remotos y otros sistemas de microrred que no están conectados a una red de servicios públicos local.
2. **Microredes del campus** que están completamente interconectadas con una red de servicios públicos local, pero también pueden mantener algún nivel de servicio de forma aislada de la red, como durante un corte de servicio. Ejemplos típicos sirven a campus universitarios y corporativos, prisiones y bases militares.
3. **Microredes comunitarias** integradas en redes de servicios públicos. Dichas microrredes sirven a múltiples clientes o servicios dentro de una comunidad, generalmente para proporcionar energía segura para activos vitales de la comunidad.
4. **Microredes de energía del distrito** que proporcionan electricidad y energía térmica para calefacción (y refrigeración) de múltiples instalaciones.
5. **Nanogrids** que comprenden las unidades de red discretas más pequeñas con la capacidad de operar de forma independiente. Una nanorred puede definirse como un solo edificio o un solo dominio de energía. Nos encontramos en el caso de una Nanogrid, que requiere un amplio estudio que aborde sistemas de energía eléctrica, y los requisitos de las cargas. Este estudio se centra en analizar la capacidad de generación requerida para que el edificio funcione como una microrred. El estudio de planificación de capacidad de generación se aborda en el estándar IEEE 1547-4 (IEEE, 2011) como parte de los estudios necesarios para garantizar la calidad del servicio que proporciona una microrred a sus clientes.

El estudio que nos ocupa, se lleva a cabo desde dos puntos de vista: 1) Estudiar la energía total que fluye por la microrred, dependiendo de las necesidades del edificio. 2) Comparar la capacidad de generación con el consumo, y llegar a alguna conclusión en cuanto a la capacidad de almacenamiento.

El edificio

Se trata de un edificio ubicado en la ciudad de Mérida (Badajoz), está situada en el suroeste de España, a una altitud media de 220 m. sobre el nivel del mar y con un clima mediterráneo continental con influencia atlántica. Sus inviernos son fríos y los veranos muy calurosos. Es un edificio de cuatro plantas ocupadas por oficinas, y otra bajo rasante donde se sitúa el garaje y la zona destinada a instalaciones. En la figura 2 se puede observar una vista del edificio (Garcia Sanz Calcedeo et. Al, 2012). Por lo que respecta a la construcción e instalaciones, se trata de un edificio de alta calificación energética, uno de los primeros de tal calificación, propiedad del Servicio de Salud (SES) de la Junta de Extremadura. La climatización se realiza por un sistema agua-agua a cuatro tubos mediante fancoils situados en el falso techo, con un sistema de control para la regulación de la temperatura, mediante un regulador de caudal constante.

La producción de calor, se lleva a cabo mediante dos calderas pirotubulares, con una potencia térmica nominal de 465 kW cada una, que utilizan como combustible biomasa: huesos de aceituna triturados y cáscara de almendra. Para la producción de frío se ha instalado una enfriadora de agua, con capacidad frigorífica nominal 545 kW, de ciclo de absorción simple efecto, con bromuro de litio como absorbente y agua como refrigerante, alimentada por agua caliente procedente de las calderas anteriormente descritas y una torre de refrigeración con una capacidad de enfriamiento de 1.203 kW.El sistema diseñado es inercial, es decir, la instalación dispone de un sistema de acumulación de agua caliente a 92ºC, compuesto por tres depósitos de 10.000 litros cada uno. Esta acumulación permite disponer de suficiente potencia térmica que será suministrada al generador, al mismo tiempo que ayuda a poner a régimen de temperaturas las calderas. Esta acumulación da una inercia de 400 kW en régimen de calefacción, durante la temporada invernal. También dispone de cuatro depósitos acumuladores de agua fría de 5.000 litros cada uno que acumulan agua a 7ºC que se utiliza para los arranques a primera hora, correspondiente al 15% de la parcialización de la máquina de absorción.

Figura 2. Vista del edificio de alta calificación energética.

La energía final consumida media anual, tras seis años de funcionamiento ha sido de 437.687 kWh

La microrred inteligente

La microrred se compone básicamente de los siguientes elementos:

- Una red de distribución en baja tensión en la que se conectan una serie de fuentes de energía distribuidas para proporcionar electricidad y calor a un conjunto de consumidores
- Una infraestructura de comunicación local
- Un sistema jerárquico de control y gestión
- Sistema de almacenamiento de energía
- Controladores inteligentes para cargas y consumos

La microrred es gestionada por un controlador central (MGCC) en cabeza del sistema, que proporciona las consignas a los controladores del resto de los equipos, tales como fuentes de generación, sistemas de almacenamiento de energía y cargas inteligentes Figura 3.

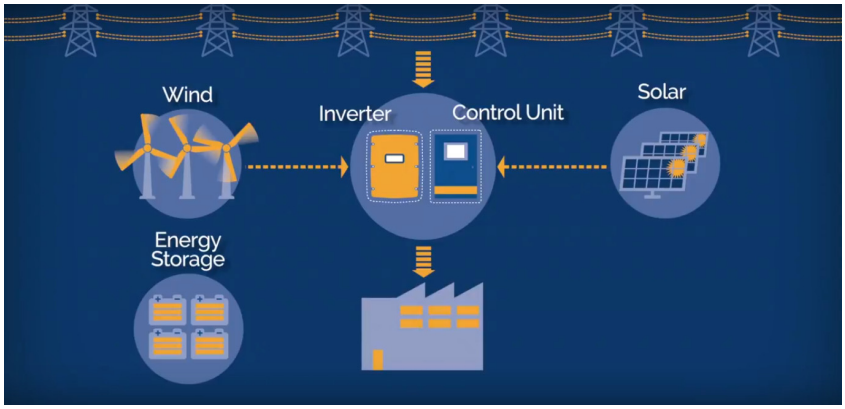


Figura 3. Funcionamiento de la microrred.

La microrred podrá funcionar de dos modos distintos: conectada a la red principal y aislada de la misma en caso de existir algún problema en esta última.

Cuando la microrred funciona en **modo conectado** (CENER**,** 2018**)** con la red principal, esta proporcionará las referencias de tensión y frecuencianecesarias para que el resto de elementos de generación de la microrred funcionen sin ningún problema. Así pues, no existirán problemas de estabilidad en la microrred cuando esta funcione conectada a la red principal. MGCC funciona como una suerte de gestor de mercado, realizando el despacho económico de la generación, teniendo en cuenta las siguientes entradas: Precios de mercado; Oferta de las fuentes de generación; Ofertas del lado de la demanda para cargas de alta y baja prioridad.

Tras resolver el despacho económico, el MGCC envía a los controladores de las fuentes y e las cargas inteligentes, las consignas de potencia activa u reactiva, así como las señales a aquellas cargas que han de mantenerse en serevicio y aquellas que han de desconectarse.

Cuando la microrred funciona en **modo aislado** de la red principal, los generadores tienen que ser capaces de responder con rapidez a los cambios en el consumo para que así tanto la tensión como la frecuencia se mantengan estables. Al tratarse de equipos con interfaces de electrónica de potencia los generadores de la microrred no tienen inercia para asumir los desequilibrios puntuales entre generación y consumo del modo que ocurre en los sistemas eléctricos convencionales con los grandes generadores asíncronos.

MATERIALES Y MÉTODOS - RESULTADOS

Cargas existentes

Los sistemas conectados a la microrred son: 1) Edificio de un consumo anual de 437.687 kWh. 2) Planta fotovoltaica. 3) Turbina eólica. 4) Grupo ellectrógeno. 5) Unidad de almacenamiento. 6) Sistema de control MGCC.

Se utilizarán el Grupo eléctrógeno de 400 kW y la turbina eólica de eje vertical como fuentes de respaldo por lo que no los dimensionaremos. Se emplearán para cubrir las cargas en emergencia. Además, el grupo eléctrógeno se utilizará cuando la instalación funcione en isla, que actuará como fuente de voltaje y frecuencia en la instalación, es decir, cuando la microrred no se suministre de la red se empleará para mantener la tensión y frecuencia estables. El estudio que llevaramos a cabo comprende: 1) Establecer el patrón de consumo del edificio, con la energía anual consumida y la carga diaria que debe cubrise. 2) Se dimensionará la planta fotovoltaica que cubra parte de las necesidades del edificio, trabajando en isla o no conectada a la red. 3) Se estudiará la planta de almacenamiento, de forma que se obtendrán varios tamaños de planta siendo el almacenamiento escogido aquél que tenga un compromiso de tamaño-costo razonable, y además ésto determinará el tamaño final de la planta fotovoltaica.

Planificación y dimensionamiento de la carga

Para comparar generación y consumo de una manera simple se obtendrá una curva de carga diaria representativa de los meses de más consumo, por ejmplo junio, teniendo en cuenta que el calor es suministrado por caldera de biomasa. Dado que el edificio es administrativo y el consumo de los fines de semana es distinto a los días de diario, se obtendrán dos tipos de curvas. De esta forma se dispondrá de un consumo anual, un consumo diario y un cinsumo horario. En la figura 4 puede verse la curva de patrón de consumo del edificio.

Dimensionamiento de la planta fotovoltaica

La planta fotovoltaica será de tipo conectada a red para autoconsumo de toda la electricidad producida. En principio se dimensionará sin almacenamuiento, para después establecer el tamaño definitivo de forma que el almacenamiento que se lleve a cabo tenga un tamaño-costo apropiado. Para el dimensionamiento de la planta, utilizaremos el programa informático PVsyst, basándonos en la curva de carga diaria y el consumo anual. La mencionada planta se construirá en el tejado del edificio y en el aparcamiento del mismo.

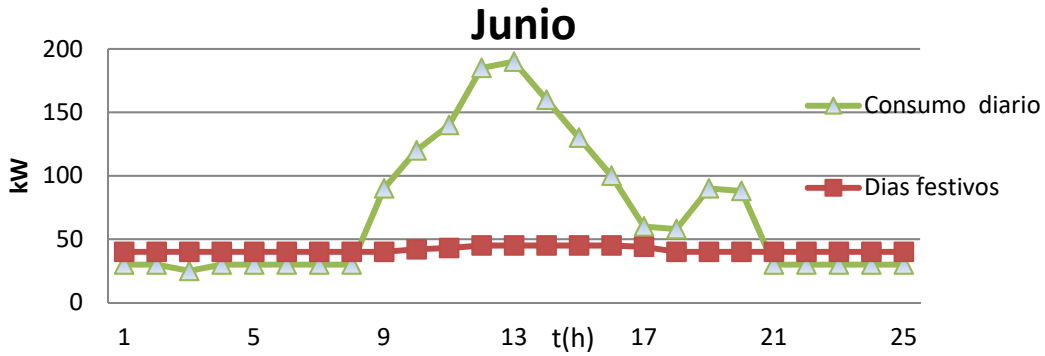
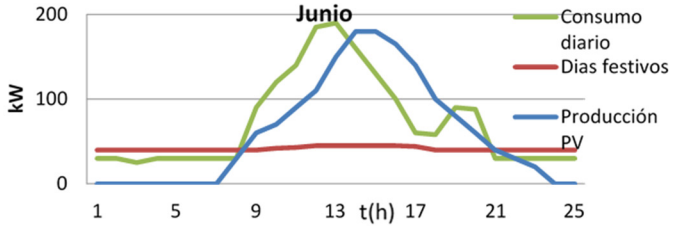


Figura 4. Curva patrón de consumo del edificio en junio.

Además, no se sobrepasará el consumo del edificio, es decir, no se exportará energía a la red. Se tratará de cubrir la carga diaria, y dado que es difícil casar el consumo con la producción, cuando la generación supere el consumo horario del edificio, se inyectará al sistema de almacenamiento para ser utilizado en las horas que la generación sea insuficiente. Enla figura 5, puede observarse la curva de generación fotovoltaica frente al consumo.

Dimensionamiento de la planta de almacenamiento

De acuerdo con la tabla de la figura 5, en donde se representa para cada tamaño de planta fotovoltaica el almacenamiento de la energía que puede realizarse y la potencia del sistema, para un tamaño de planta PV de 300 kW, es excesivo el tamaño del almacenamiento desde el punto vista de la inversión a realizar. Sin embargo, para una planta de 200 kW, que es la que más se ajusta a nuestro edificio, ésta sería menor y económicamente podría ser más rentable. Por todo ello se propone una planta fotovoltaica de 200 kW, y una planta de almacenamiento constituida por baterías TESLA de Li-ion, que está compuesta por 2 unidades de potencia nominal 100 kW, lo que proporciona una energía para almacenar y gestionar excedentes de generación de 220 kWh, que se cree suficiente para el funcionamiento del edificio.



PV (kW)	E (kWh)	P (kW)
100	0	0
200	460	90
300	1120	180

Figura 5. Generación y demanda en junio, para una planta fotovoltaica de200 kW.Energía y potencia del sistema de almacenamiento necesario para cada tamaño de planta fotovoltaica.

CONCLUSIONES

La microrred con generación distribuida es un buen sistema para conseguir ZEB, ó EEN, pero partiendo de edificio nZEB ó EECN (edificios de energía casi nulos). El diseño de la planta fotovoltaica se hace en función de la planta de almacenamiento, por ello se ha preferido no cubrir toda la demanda y hacer que la planta de almacenamiento suministre el resto de la energía necesaria. La potencia de repaldo (grupo electrógeno y generador eólico), permite disponer de una energía adicional que salve cualquier contingencia o problema climatológico, que impida el funcionamiento de la microrred, aparte de actuar como fuente de tensión y frecuencia para estabilizar la red en caso de necesidad cuando se trabaje en isla. El patrón de consumo, permite comparar generación con consumo, para tener una idea general de como va a comportarse el sistema. A la vista de este patrón, otra pauta para un buen funcionamiento de la microrred podría ser desplazar el consumo para hacerlo coincidir con la generación, a través de desplazar la curva de carga, es decir, el horario en el que entra en funcionamiento el edificio (empezar el trabajo más tarde). Con el almacenamiento, la microrred funciona óptimamente, ya que es posible administrar eficientemente los excedentes de generación.

REFERENCIAS

[1] CENER. La energía del conocimiento. (2018). Introducción a las microrredes. Disponible http://www.cener.com/introduccion-a-las-microrredes/

[2] Hatziargyriou N. (2017). Pilot Sites: Success Stories and Leanrt Lessons. In Microgrid Architectures and Control. Greece.Available at https://www.wiley.com/en-us/Microgrids%3A+Architectures+and+Control-p-9781118720684

[3] i-Sare Smart Grid. Guipuzcoa (España). Disponible en: isare@i-sare.net

[4] IEEE. (2011, July). IEEE Std 1547.4 - Guide for Design, Operation, and Integration of Distributed Resources Island Systems with Electric Power Systems. 30. New York, USA. doi:10.1109/IEEESTD.2011.5960751

[5] Justo Garcia Sanz Calcedo; Francisco Cuadros Blazquez, Fernando López Rodríguez. (2012). Análisis de la eficiencia de un edificio administrativo de alta calificación energética. DYNA. 1, 1-14.

[6] icrogrid Institute. (2015). Community Microgrid Models. Retrieved from http://www.microgridinstitute.org/about-microgrids.html

[7] Wolf, G. (2015, December). The Name Game: Is 'Microgrid' Correct? Retrieved from http://www.tdworld.com/commentaries/name-game-microgrid-correct.

CÓMO AHORRAR AGUA Y ENERGÍA CREANDO SISTEMAS DE RETORNO EN INSTALACIONES SIN RETORNO

Gustavo Díez, Director Departamento de Proyectos, Grupo Presto Ibérica

Resumen: Se describe una solución práctica, sencilla de instalar y económica para ahorrar agua y energía especialmente en instalaciones de agua caliente sanitaria individual donde el tiempo que tarda en llegar el agua caliente al punto de consumo (principalmente duchas) es muy extenso. El sistema está formado por tres componentes: bomba de impulsión, activador, y bypass que comunicados inalámbricamente conseguirán incrementar la eficiencia energética de la vivienda y aportar un confort mayor que el actual al usuario.

Palabras clave: Agua Caliente Sanitaria, Retorno, Recirculación, Ahorro, Agua, Energía, Confort

INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento clave para el desarrollo sostenible y del planeta, pero todavía es más importante para la alimentación y la salud de cualquier organismo vivo. Debemos cuidarla y preservarla en todos los ámbitos, como las instalaciones públicas y las viviendas, donde además de tener conciencia ambiental, cualquier medida de ahorro que lleve a cabo el dueño del inmueble tendrá repercusión inmediata en su factura de agua.

La mayoría de usuarios, en su residencia disponen de grifos monomando o bimando de manera que seleccionan el caudal y la temperatura deseada acorde a sus necesidades o gustos. Sin embargo, no todas las instalaciones de agua caliente sanitaria (ACS) son iguales ni utilizan el mismo sistema de calentamiento para la obtención del agua caliente. Ejemplos: sistema por termo eléctrico, placas solares, calderas de gas, gasoil, aerotermia, etc.

En numerosas ocasiones existe la problemática de que un usuario abre el grifo de ducha (u otro) y hasta que alcanza la temperatura de confort deseada está desperdiciando una gran cantidad de agua que se va por el desagüe (este valor suele oscilar entre 6 y 25 litros). El sistema que presentamos, corrige esa problemática siendo válido además para instalaciones ya ejecutadas.

Descripción

El problema descrito anteriormente, es especialmente intenso en edificaciones con sistema de ACS individual y mayor cuanta más antigua sea la construcción. Este tipo de viviendas (o pequeñas edificaciones), presentan instalaciones del tipo que se ve en la figura 1. El agua una vez que entra en la vivienda toma dos caminos, uno hacia la producción de ACS (en este caso esquematizada por un termo eléctrico) y el otro para el abastecimiento de agua fría en los diferentes terminales (podría ser cocina, lavaplatos, riego, baños, etc.).

Figura 1. Esquema tipo en viviendas antiguas y/o sin retorno.

En los nuevos proyectos, y especialmente en edificaciones de calidades altas, los proyectistas para reducir ese problema diseñan el inmueble incorporando una red de retorno en la instalación de ACS de manera que casi instantáneamente el usuario obtenga agua caliente al abrir el grifo. El problema de este sistema, es que supone un desperdicio energético al estar recirculando de manera continua o con periodicidad alta, agua que no está a temperatura ambiente (el coste energético anual de este proceso se estima entre 73 € y 250 €, dependiendo del sistema de calentamiento). Este tipo de inmuebles, además de ser una solución constructiva más cara, pagará un consumo de energía superior, si bien desperdiciará menos agua.

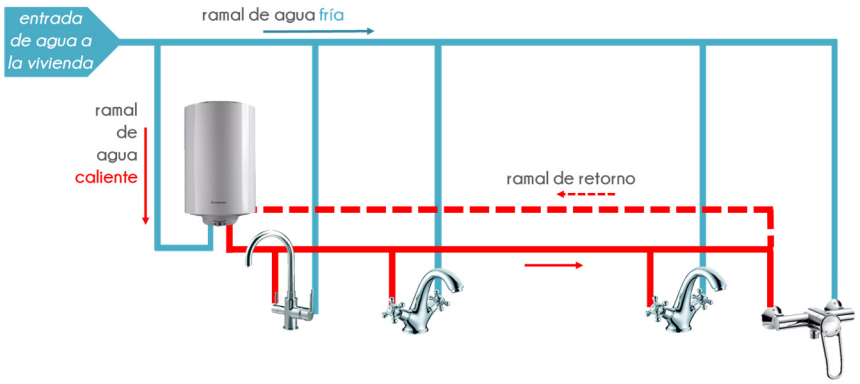


Figura 2. Esquema tipo en viviendas con retorno.

Ese esquema podría aplicarse también a edificaciones con calderas comunitarias. En este caso, uno de los problemas a los que se enfrentan es a que desde un anillo primario de recirculación hasta las viviendas más alejadas hay mucha distancia y el tiempo que puede tardar en llegar el agua caliente es demasiado extenso. El sistema que se va a proponer podría ayudar a paliar ese asunto, aportando mucho más confort al usuario, pero no sería un sistema propio de ahorro de agua y energía.

Existe una solución a ambos problemas hasta ahora desconocida: crear una red de retorno en instalaciones que no posean red de retorno.

La única manera de crear una red de retorno es recircular el agua fría por la tubería de agua caliente o al revés, recircular el agua caliente por la tubería de agua fría. Dado que lo que queremos es solucionar la problemática de desperdiciar agua cuando se abre un grifo, y reducir el consumo energético, la primera opción deja de tener sentido. Por consiguiente, la única opción viable es recircular el agua alojada en la tubería de agua caliente y que va a estar a temperatura ambiente, por la tubería de agua fría.

Para poder llevar a cabo esa recirculación, se necesitará al menos una bomba de recirculación que impulse el agua caliente y supere la presión existente en la tubería de agua fría.Si se realiza ese proceso sin ningún tipo de control, lo único que se estaría haciendo es un anillo de recirculación de agua caliente sin posibilidad de usar agua fría. No tendría sentido. Por consiguiente, para que el sistema tenga viabilidad, se han de añadir elementos de control adicionales para que el sistema no funcione de manera continua (como sucede en un anillo de recirculación) y también para que no incapacite el resto de la instalación.

Los elementos a incorporar son dos: un activador y un sistema de bypass.

El sistema o módulo de bypass, lo que va a lograr es introducir el agua de la tubería de agua caliente por la tubería de agua fría sin que pase por el grifo (“bypasseando el grifo”) mediante una electroválvula alojada en él. Cuando la electroválvula abra, al tener una presión en agua caliente ligeramente superior a la de agua fría, el flujo de agua se va a orientar de manera que va a dirigirse a la tubería de agua fría. Para que el módulo de bypass cierre, éste ha de recibir una orden, que en este caso se ejecuta al incorporar un sensor de temperatura para que avise y cierre la electroválvula al llegar a la tubería de consigna. El activador como su nombre indica será quien active el funcionamiento del sistema cuando el usuario desee. El esquema de instalación sería el siguiente:

Figura 3. Esquema tipo en viviendas sin retorno con la tecnología "Ness" instalada.

De esta forma, el funcionamiento del sistema sería:

1. El usuario en lugar de abrir el grifo de la ducha (o cualquier otro) y esperar a que llegue el agua caliente, pasará la mano por el activador. Este activador se iluminará con una luz azul indicativa de que si abre el grifo, va a salir agua fría.
2. El activador pondrá en marcha la bomba de recirculación y el bypass. Al realizar esta operación, el agua alojada en la tubería de agua caliente y que en realidad está a temperatura ambiente comenzará a introducirse en la tubería de agua fría, desplazando a ésta.

Figura 4. Esquema tipo con sistema iniciando su funcionamiento.

3. El agua caliente que se había comenzado a impulsar con el sistema de bombeo al iniciar el ciclo, llega hasta el bypass. En el momento que llega, el sensor de temperatura ordena cerrar el bypass, parar la bomba y avisar al usuario de que ya tiene disponible el agua caliente mediante un cambio a luz roja.

Figura 5. Esquema tipo con sistema finalizando su funcionamiento.

4. El usuario abre el grifo y tiene agua caliente disponible sin haber desperdiciado una sola gota de agua.

CONCLUSIÓN

Como se ve, aprovechando una instalación totalmente convencional, al instalar el sistema se ha optimizado el consumo de agua caliente e incrementado la eficiencia energética de la instalación.

En las figuras anteriores se ha esquematizado con un termo eléctrico, pero el sistema es compatible con cualquier sistema de calentamiento de agua y es modulable: se puede usar un único sistema de bombeo y los módulos de bypass y de activación que se necesiten en función de la configuración de tuberías de la instalación, pues entre ellos se comunican inalámbricamente. Además, no habrá problema en usar el resto de grifos.

La instalación de estos equipos no va a influir en la configuración del resto de elementos y se puede instalar tanto en edificaciones ya construidas, como en obra nueva, siendo además compatible con las instalaciones que posean retorno (para estos casos, la bomba se colocaría en el retorno y no antes del sistema de calentamiento de agua).

El sistema, como se puede observar, es una solución que aporta beneficios especialmente en tres ámbitos: ecológico, al ser un sistema puro de ahorro de agua; económico, al ahorrar en factura energética y de agua; y de confort, al ser avisado el usuario de cuándo puede disponer el agua caliente.

LA PROTECCIÓN SOLAR INTERIOR Y SU CONTRIBUCIÓN A LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA Y ELIMINACIÓN DE EMISIONES DE CO2: CASO REAL

María Blázquez Fernández, Managing Director, Verosol Ibérica

Resumen: La combinación de acristalamiento + cortina interior técnica con tejido metalizado se presenta como una solución eficiente para el control solar de la envolvente térmica; disminuyendo las ganancias solares en verano, controlando la demanda de AC, y evitando la pérdida de calor en invierno. Se ha demostrado en el caso real de un edificio de oficinas de la Comunidad de Madrid, ocupado por el Ministerio de Turismo, evidenciando ahorros anuales de 118825 KWh y 73672 kg de emisiones CO2. Para este cálculo se han tenido en cuenta también los factores externos de irradiación solar de la ciudad de Madrid respecto al edificio en cuestión, así como las características específicas del vidrio que se ha empleado en el acristalamiento de las ventanas.

Palabras clave: Ahorro Energético, Tejido Metalizado, Reflexión Solar, Absorción, Transmisión, Ganancias Solares, Screen

INTRODUCCIÓN

El gran reto al que se enfrenta el ser humano en el siglo XXI es el cambio climático y todas las consecuencias que trae consigo para el medio ambiente y la sociedad.

Así, desde Europa se viene trabajando desde hace años para evitar el calentamiento global, a través de medidas activadas en distintos sectores de la sociedad y en la actividad económica para sumar reducciones de emisiones de CO2 y hacer un uso más racionado, razonable y responsable de la energía.

Sectores como la automoción, la industria, la agricultura y ganadería y la edificación están en el centro de mira. De hecho, a nivel europeo, según los expertos, los edificios son los responsables del 40% del consumo de energía total de Europa.

España adaptó la primera directiva europea de eficiencia energética en el RD 235/2013 de 5 abril, donde entraba en vigor la obligatoriedad de establecer un certificado de calificación energética en todos los inmuebles que fueran a ser vendidos o alquilados.

En los edificios públicos, esta exigencia también entraba en vigor para aquellos que ocupasen una superficie de 250 m^2 o más.

En todo esto, a la hora de calcular cuán eficiente es un edificio, dependiendo de la zona, cobra cada vez más importancia la capacidad que este y su equipamiento tengan para el aislamiento térmico y acústico así como la de fomentar una iluminación natural, sin ceñirse a las temporadas de calefacción.

En la Directiva Europea 2010/31/EC, además, se recoge cómo a partir del 31 de diciembre de 2018 los edificios públicos de los Estados miembro deberán ser de consumo de energía casi nulo. Esta misma directiva adelanta que, a partir del 31 de 2020 esta obligatoriedad se extenderá a todos los edificios nuevos, sean de uso público o privado.

En el último Congreso de Edificios de Energía Casi Nula (EECN) de diciembre de 2017, la subdirección general de Arquitectura y Edificación del Ministerio de Fomento, en su presentación, recapitulando la identificación de indicadores de EECN, consideraba imprescindible “introducir exigencias relativas al control solar de la envolvente térmica para limitar las ganancias solares en verano y controlar la demanda de refrigeración”.

Precisamente, son las ventanas por donde mayores ganancias solares, pérdidas de calefacción y/o aire acondicionado se producen, muchas veces provocado por el mal aislamiento. Además de la instalación de un vidrio con un alto índice de ATR, el uso de cortinas de protección solar interior con tejidos técnicos, aumenta el aislamiento y la eficiencia energética del edificio.

Descripción de la solución

La aplicación de cortinas de protección solar interior con tejido metalizado de Verosol, puede contribuir en gran medida a disminuir las ganancias solares a través del acristalamiento de la envolvente en verano, y la pérdida de calor en invierno.

Es el proceso de metalización único, lo que marcará la diferencia, la piedra angular que será definitiva para potenciar un mejor ahorro de energía, aplicando una nano-capa de aluminio puro a un sustrato textil, con el objetivo de conseguir las mejores prestaciones para llevar a cabo su función de control y reflexión solar, teniendo como ventajas y características fundamentales las siguientes:

- Por la alta reflexión de radiación solar hacia fuera, se evita que ésta entre dentro del edificio y se convierte allí en calor. La combinación del cristal con el tejido metalizado reduce de forma considerable el valor G o el factor solar, el índice de cuánta energía solar entra en el edificio a través de la ventana, o combinación ventana + cortina. Cuanto más bajo este índice, menor la entrada de energía solar, y así se reduce de forma importante la ganancia solar.
- Porque el aluminio es un metal con muy baja emisividad. A través de la columna de aire que se crea entre la cortina y el cristal y esta baja emisividad de la capa de aluminio de la cortina, se mejora considerablemente la capacidad de aislamiento de las ventanas. Este aspecto viene ilustrado por el valor U, expresado en W/m^2K, valor que indica el flujo de calor a través del vidrio o la combinación vidrio + cortina. Cuanto más bajo este valor menor será el flujo de calor a través del vidrio a causa del diferencial de temperatura dentro y fuera. En verano esto ayuda a disminuir la entrada de calor, y en invierno a mantener el calor dentro. Por mucho que se aplique un cristal con alta capacidad de aislamiento, el tejido metalizado Verosol ayuda a disminuir aún más este valor U.
- La metalización hace el hilo del tejido completamente opaco, por lo que a través de éstos no puede penetrar la luz, pero si es posible ver el exterior. Solamente a través de los poros del tejido entra luz natural, lo que contribuye a un mejor confort, también, óptico al eliminar riesgos de deslumbramiento y reflejos en pantallas.

En el marco del tema de esta comunicación, la disminución de las ganancias solares de la envolvente de edificios para ayudar a reducir el uso de energía para el sistema de aire acondicionado y calefacción, se pone el foco en una comparación entre tejidos de screen común sin metalizar y tejidos metalizados. Esta comparativa se hace con enfoque al tema de ganancia solar y aislamiento, sin entrar en el tema de confort visual.

Se va a comparar los valores de reflexión, transmisión y absorción de la radiación solar (en todo el espectro) de un tejido metalizado con un tejido sin metalizar de la misma densidad y factor de apertura. En los tejidos sin metalizar influye mucho el color del material, por lo tanto, ilustramos los extremos de screen blanco o negro. En el tejido metalizado no es el caso ya que la cara exterior siempre será de color aluminio, aunque por dentro puede estar blanco, negro o cualquier otro color, y por tanto las cifras son casi idénticas.

1. Tejido Screen de color blanco, con factor de apertura 5%:

    1.1. Screen común sin metalizar: Reflexión 67%, Transmisión 22%, Absorción 11%
    1.2. Screen Verosol metalizado: Reflexión 77%, Transmisión 5%, Absorción 18%

Por su mayor reflexión y menor transmisión el tejido metalizado Verosol evita mucho más que el tejido sin metalizar la entrada de la radiación solar, y por tanto la ganancia solar.

2. Tejido Screen de color negro, con factor de apertura 5%
    2.1. Screen común sin metalizar: Reflexión 5%, Transmisión 4%, Absorción 91%
    2.2. Screen Verosol metalizado: Reflexión 81%, Transmisión 3%, Absorción 16%

Aquí se aprecia que un tejido de color negro sin metalizar, tiene un muy alto porcentaje de absorción de radiación solar. Esta energía se convierte en calor y se transmite a dentro por transferencia térmica causando mayor demanda energética al sistema A/C para mantener la temperatura dentro a un nivel determinado.

También se aprecia la diferencia que hace el uso de un tejido metalizado Verosol cuando se comparan los indicadores de ganancia solar y aislamiento arriba mencionados, el valor G y el valor U. En la norma europea EN14501 vienen definidos diferentes tipos estándar de acristalamiento, de los cuales usamos aquí la de tipología C (doble vidrio de baja emisividad) y la tipología D (doble vidrio reflectante con coating de baja emisividad). Ambos tipos de vidrios ya tienen buenas prestaciones en sí, según se aprecia en la tabla abajo, en la cual se ve al mismo tiempo que los tejidos metalizados aportan una mejora claramente superior a la del tejido sin metalizar.

Tejido tipo screen con Factor de pertura 5%	Factor Solar (Valor G) vidrio referencia tipo C	Factor Solar (Valor Gtot) con acrist. C EN14501	Factor Solar (Valor G) vidrio referencia tipo D	Factor Solar (Valor Gtot) con acrist. D EN14501	Valor U de acrist. C EN14501, vidrio solo	Valor U comb. Vidrio + cortina con acrist. C EN14501	Valor U de acrist. D EN14501, vidrio solo	Valor U comb. Vidrio + cortina con acrist. D EN14501
Screen común blanco	59%	31%	32%	14%	1,2 W / m2K	0,9 W / m2K	1,1 W / m2K	0,9 W / m2K
Screen metalizado blanco	59%	25%	32%	14%	1,2 W / m2K	0,7 W / m2K	1,1 W / m2K	0,7 W / m2K
Screen común negro	59%	56%	32%	31%	1,2 W / m2K	0,9 W / m2K	1,1 W / m2K	0,9 W / m2K
Screen metalizado negro	59%	25%	32%	14%	1,2 W / m2K	0,7 W / m2K	1,1 W / m2K	0,7 W / m2K

Tabla I. Tejido metalizado Verosol respecto a indicadores y otros tejidos.

Por otro lado, la importancia del uso de tejidos metalizados como instrumentos de control solar también se puede medir en Kw y toneladas de CO2.

Verosol demuestra sus propiedades llevando a cifras el ahorro energético y de emisiones de CO2 a través de estudios realizadas para proyectos reales en los que Verosol ha participado. En el caso que se expone a continuación, un edificio público sito en la Comunidad de Madrid, y dotado con más de 4.000 m2 de acristalamiento, se ha calculado tanto la posible reducción de consumo y emisiones, como el ahorro en términos de dinero que puede llegar a suponer la instalación de los screens metalizados Verosol.

En este caso, las cortinas instaladas se fabricaron con el tejido metalizado EnviroScreen 802 G3, certificado Cradle to Cradle, y se calculó el efecto de los estores metalizados en combinación con un acristalamiento Ipasol 62/29 de Interpane / AGC. Se trata de un acristalamiento con configuración de un cristal de 8 mm exterior, un espacio de 16 mm con Argon y un cristal interior de 8mm. Este acristalamiento tiene un valor-G de 0,30 (30%), un valor U de 1,0 W/m2K y una transmisión lumínica de 60%.

Metodología

Los cálculos se realizaron teniendo en cuenta el flujo de energía en el acristalamiento, es decir, el flujo de energía debido a las ganancias de calor solar y térmicos a través de las ventanas. No se considera el comportamiento de los usuarios, ni el consumo de energía procedente de instalaciones eléctricas u ordenadores. En este estudio se asume que toda la energía solar que penetra al interior a través del acristalamiento, o la combinación de acristalamiento + cortina, tiene que ser compensada, así como las pérdidas de calor en situación invernal.

Los datos de partida son:

Composición de acristalamiento	Valor U en W/m2k	Valor G	Valor LT
8 | -16Ag-8 Ipasol 62/29	1	0.30	

Tabla II. Composición y propiedades del acristalamiento.

Propiedades	Irradiación solar		Transmisión de luz	Factor de apertura
	Reflexión	Transmisión		
EnviroScreen 802 G3 Ultimate	74%	4%	4%	2%

Tabla III. Propiedades de EnviroScreen respecto a indicadores.

Junto a la valoración económica del ahorro, el estudio indica otros beneficios derivados del tejido metalizado de Verosol como que la reducción del consumo energético contribuye a la sostenibilidad, evitando que 73.672 kg de CO2 se emitan a la atmósfera. Asimismo, hay que tener en cuenta, (en el estudio no se han considerado) otra serie de

elementos que influyen en el confort del espacio de trabajo, como es la posibilidad de trabajar con luz natural, tener visión exterior y evitar el deslumbramiento. El acristalamiento por si solo cuenta con una transmisión lumínica del 60%, y para un confort visual para poder realizar tareas de oficina y trabajo en ordenador, se considera que esta transmisión lumínica se tiene que disminuir como máximo al 5%.

Resultados y datos obtenidos

Tejido metalizado EnviroScreen: ventajas económicas

Dotado con una gran capacidad de reflexión de la radiación solar -hasta un 74%- el tejido EnviroScreen, facilita la salida de esta a través de la ventana y evita que llegue al interior del edificio, disminuyendo así de forma considerable la ganancia solar. El índice de ganancia solar, el valor G, se rebaja de los 0,30 (30%) del vidrio solo, a 0,12 (12%) para la combinación de vidrio con Verosol. O sea, una bajada del 60% en la entrada de radiación solar.

Altitud	Insolación media diaria anual en KWh/m2
Norte	0.90
Este	2.54
Sur	3.30
Oeste	2.55
Media en todas las altitudes	2.32

Tabla IV. Irradiación solar. Datos climáticos de Madrid.

Para el edificio en cuestión, ubicado en Madrid y con casi 4000 m^2 de acristalamiento, principalmente en las fachadas este y oeste, los resultados del cálculo eran los siguientes, definiendo el Valor G: índice del porcentaje de la radiación solar total que incide en el acristalamiento (=100%) entra en la estancia a través del cristal solo, o la combinación cristal + cortina (=Gtot):

Ventana	Insolación KWh		Valor G		Ganancia solar total		Electricidad necesaria para enfriar en KWh
Solo cristal	1770200	x	30%	=	531060	:	212424
Cristal + Enviro	1770200	x	12%	=	212424	:	84970
	Ahorro potencial con EnviroScreen: 15295€						

Tabla V. Resultados de ahorro en €.

Así se desprende que el máximo nivel de ahorro en base a la disminución de la ganancia solar será -15.295€ teniendo en cuenta una tarifa de €0.12 / khW- y comparando la situación de las ventanas sin cortinas con la situación de ventanas con cortinas metalizadas EnviroScreen. Aquí podemos añadir el ahorro en base a la disminución del flujo de calor a través del cristal por las diferencias de temperatura dentro y fuera del edificio tanto en invierno como en verano, o sea el ahorro por mejor aislamiento que ofrece la instalación de la cortina metalizada, que se ha calculado en unos € 2000, = en base a la reducción en 0,3 W/m2K del valor U para una totalidad de casi 4000m2 de acristalamiento.

Tejido metalizado EnviroScreen: ventajas medioambientales

Junto a la variable del ahorro económico, el uso de estas soluciones también presenta ventajas que redundan en la sociedad, evitando la emisión de 73.672 kg de CO2 a la atmósfera cuando se usa el tejido EnviroScreen.

Este ahorro de energía, así como de emisiones de CO2 a la atmósfera se plantean como dos buenos indicadores a la hora de realizar un estudio energético pormenorizado del edificio, ya que se incluyen como factores diferenciables fomentando un uso más responsable de la energía, como podría ser cualquier el empleo de un sistema de calefacción a base de un combustible más eficiente.

Con independencia de estos indicadores, los tejidos metalizados Verosol son ignífugos según los estándares internacionales pertinentes, habiendo conseguido la certificación Cradle to Cradle por su sostenibilidad con la salud, con el medio ambiente (agua y energía), por su capacidad de reutilización y su responsabilidad social corporativa.

Y, por lo que se refiere a los edificios y su ahorro energético, este tejido metalizado cuenta con la certificación LEED, Leadership in Energy&Environmental Design, que mide aspectos tan decisivos como la calidad del ambiente interior y los materiales y los recursos empleados para conseguirlo.

Según el estándar LEED ideado en USA en 1998, un edificio que posee esta certificación significa que está reduciendo entre el 30 % y el 70% el consumo de la energía, el 35% las emisiones de CO2 y del 30% al 50% el uso de agua.

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE FACHADAS VENTILADAS CON MATERIALES COMPOSITES

Peru Elguezabal Esnarrizaga, División de Construcción Sostenible, Tecnalia
Beñat Arregi Goikolea, División de Construcción Sostenible, Tecnalia
Izaskun Álvarez Álava, División de Construcción Sostenible, Tecnalia

Resumen: De interés especial en la mejora energética de los edificios gracias a la mejora en el aislamiento térmico, existe una diferencia entre el comportamiento térmico real y potencial de las fachadas ventiladas debido a la presencia de puentes térmicos, incidiendo de forma directa en el consumo final. El presente estudio plantea soluciones que reducen las mermas en dos elementos clave de las fachadas ventiladas: la perfilería de soporte y los recercados de ventanas. A través de la incorporación de material composite y de diseños específicos, se analizan las solicitaciones térmicas, estructurales y de durabilidad, para plantear un sistema optimizado en términos de reducción de consumo.

Palabras clave: Fachada Ventilada, Composite Polimérico, Puente Térmico, Ahorro Energético

INTRODUCCIÓN

El deficiente comportamiento energético actual de los edificios es un problema acuciante, motivo por el que se están promoviendo numerosas iniciativas orientadas a la mejora del parque de edificios. Tal y como indica la Directiva Europea de Eficiencia Energética de edificios EPBD 2010/31/EU, todos los edificios que se construyan a partir del año 2020 en Europa tendrán que ser "edificios de consumo de energía casi nulo (nearly Zero Energy Buildings: nZEB)". Entre las diversas medidas que se pueden emplear para reducir el impacto, las soluciones que incorporan aislamiento térmico son de gran interés y en el caso de la fachada, los sistemas de fachada ventiladas se emplean asiduamente.

Debido a la forma en la que se fabrican y diseñan las fachadas ventiladas, éstas se resuelven con una hoja exterior, separada del cerramiento por una cámara de aire; una capa aislante adherida al cerramiento, y una hoja interior con esa función de cerramiento. La responsabilidad de soportar y separar las diferentes capas del sistema recae en la subestructura, generalmente de aluminio, a la vez que, para los perfiles de arranque, remates y recercados de huecos, estos se definen habitualmente con sistemas basados en aluminio. De esta forma, en las fachadas ventiladas convencionales la continuidad del aislamiento queda interrumpida tanto en los puntos de anclaje como en todo el contorno de los huecos. Esta serie de puentes térmicos suponen un desaprovechamiento del material aislante debido a las pérdidas de calor que originan (Arregi et al. 2016).

Mejorar el rendimiento energético a través del incremento del aislamiento térmico es una solución eficaz para los edificios de menor consumo y las fachadas ventiladas suponen una solución interesante para tal fin. Pero presentan cierta debilidad en los anclajes y en puntos singulares, debido a los puentes térmicos que se generan en estas zonas. Sistemas que mitiguen o eliminen los puentes térmicos son de especial interés para optimizar estas soluciones.

DESARROLLO PROPUESTO: FACHADA VENTILADA CON COMPOSITES

El presente desarrollo surge del proyecto COFAVE, *Fachadas ventiladas innovadoras con materiales composites*. El principal objetivo del proyecto es la definición de un concepto novedoso de sistema para fachadas ventiladas en el que se consigan prestaciones mejoradas, gracias a la inclusión de componentes resueltos con composites poliméricos. Esta mejora se plantea tanto en términos de ahorro energético, así como en un aumento de la durabilidad de los componentes para un sistema con un comportamiento mecánico equivalente al de los sistemas actuales.

Así, se han analizado los elementos principales de la fachada ventilada y su relación con los puentes térmicos, valorando la posibilidad de resolverlos con perfiles de composite o híbridos metal-composite. De esta forma se persigue una mejora energética de la solución convencional que redunde en un ahorro energético. Sin embargo, la idoneidad de la sustitución de elementos metálicos por perfiles de composite no depende únicamente de la mejora del comportamiento térmico del sistema, por lo que, además, resulta necesario valorar las capacidades mecánicas y la durabilidad, así como realizar una cuantificación del coste económico que supone la incorporación de este nuevo material. Como resultado de este análisis se han identificado dos componentes clave para resolver el nuevo sistema: la perfilería de la subestructura y el recercado de ventanas. El objetivo es por tanto reducir el impacto de los puentes

térmicos al sustituir de forma localizada un material con conductividades elevadas (λ = 50-200 W/mK) por un composite polimérico con una conductividad muy inferior (λ = 0,1-0,7 W/mK).

Para el caso de la perfilería de la subestructura, se ha considerado que está formada por montantes (perfiles verticales) de sección en T y ménsulas de anclaje de sección en L. Al ser el elemento que traslada las cargas al soporte, además de la prestación térmica también se consideran las solicitaciones mecánicas.

Para el caso de los recercados se ha planteado un diseño específico empleando perfiles pultruidos de composite para formar elementos para cubrir los cuatro planos del hueco, en un sistema que se adapta al fondo del hueco existente y que garantiza la estanqueidad en su encuentro con la nueva fachada cuando se da la rehabilitación. En este caso se analiza tanto el comportamiento térmico como la durabilidad y el acabado estético.

MEJORA DE LA PRESTACIÓN TÉRMICA

Se ha llevado a cabo un estudio térmico con el objeto de valorar los ahorros energéticos obtenidos mediante la sustitución del aluminio por composites pultruidos. Como caso de estudio, se ha considerado la renovación de un muro de doble hoja de ladrillo sin aislamiento térmico en la cámara, típico de construcciones anteriores a la década de los 80 (los requisitos de aislamiento térmico no fueron introducidos en España hasta la entrada en vigor de la NBE-CT-79), y su transmitancia térmica se ha calculado en U = 1,03 W/m²K.

Se ha considerado una renovación de este muro mediante una fachada ventilada con aislamiento de lana mineral, estudiándose dos niveles de aislamiento: espesor de 60 mm (U = 0,36 W/m²K) y 120 mm (U = 0,22 W/m²K). Estas transmitancias térmicas, calculadas de acuerdo con el DA DB-HE/1 del CTE, no consideran el impacto de los puentes térmicos, tales como los anclajes de la subestructura o las uniones con forjados, huecos de fachada, etc.

Impacto del material de perfilería

Con el objeto de cuantificar el impacto de los puentes térmicos de la subestructura, se han realizado modelizaciones numéricas mediante elementos finitos, siguiendo la norma UNE-EN ISO 10211. Para ello se ha empleado el software TRISCO v13.0 sobre el modelo tridimensional que se presenta en la Figura 1.

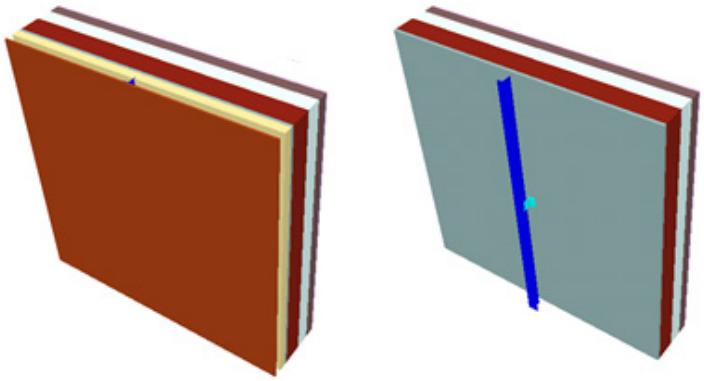


Figura 1. Modelo tridimensional para cálculos térmicos: modelo completo con todos los materiales incluyendo la nueva fachada ventilada (izda.), subestructura de la nueva fachada ventilada sobre muro existente (dcha.).

Mediante el cálculo numérico de estos modelos térmicos tridimensionales, se ha evaluado la transmitancia térmica unidimensional equivalente (U_{eq}) para cada caso, que comprende tanto el flujo de calor unidimensional como el adicional de los puentes térmicos. Estos resultados se muestran gráficamente en la Figura 2.

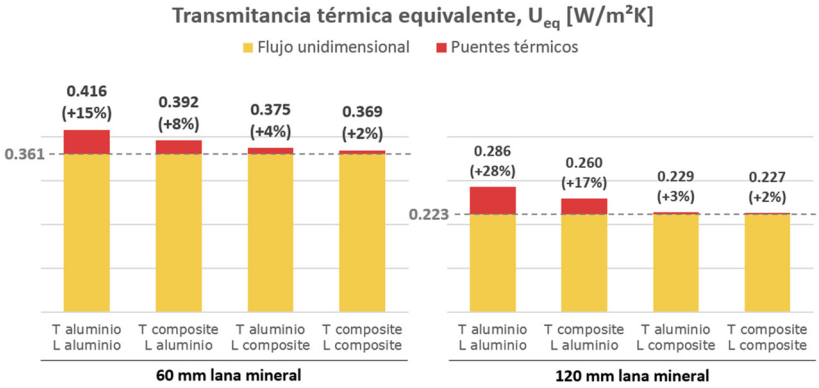


Figura 2. Transmitancia térmica unidimensional y multidimensional (flujo de calor adicional a través de los elementos de anclaje), para diferentes materiales de subestructura y dos espesores de aislamiento.

El cálculo de la transmitancia térmica unidimensional (U) subestima las pérdidas térmicas en todos los casos. Al aumentar el espesor de aislamiento, disminuye la transferencia de calor total, pero cambia su distribución: se reduce la transferencia unidimensional, pero aumenta la transferencia de calor multidimensional a través los anclajes (tanto de manera porcentual como absoluta):

- La subestructura de aluminio tiene el peor comportamiento térmico de entre las opciones consideradas
- Si los montantes (T) se realizan en composite, se consigue mitigar los puentes térmicos, aunque la reducción en el flujo de calor adicional del puente térmico no llega al 50%
- Si las ménsulas (L) se realizan en composite, se consigue reducir el puente térmico de manera considerable (el flujo de calor adicional queda por debajo del 5% respecto al valor unidimensional)
- La realización de la subestructura completa (ménsulas y montantes) en composite no aporta ventajas considerables respecto al caso anterior

Impacto del material de recercado de huecos

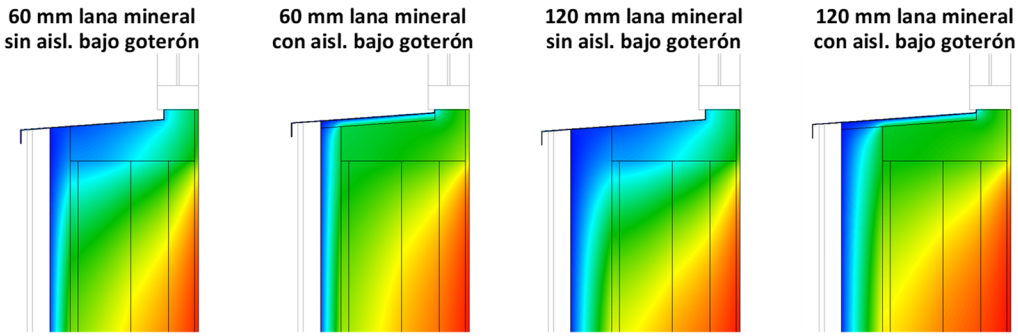


Figura 3. Modelos térmicos bidimensionales del detalle de alféizar para recercados de aluminio. La escala de color indica la distribución de temperaturas de caliente (rojo) a frío (azul).

Adicionalmente, se ha llevado a cabo un estudio de transferencia térmica con el objeto de cuantificar el impacto del material de recercado de ventanas en la transferencia de calor. Para ello se han realizado modelizaciones numéricas mediante elementos finitos, siguiendo la norma UNE-EN ISO 10211. En este caso se han considerado modelos bidimensionales, empleando el software THERM v6.3. Se ha escogido el detalle de alféizar, modelándose diferentes variantes: espesores de aislamiento térmico de 60 mm/120 mm; con/sin aislamiento térmico (20 mm) bajo la pieza de vierteaguas; aluminio/composite como materiales de recercado. Los modelos bidimensionales se muestran en la Figura 3. Se ha considerado que la ventana está colocada a paño con la superficie interior, y la pieza de alféizar es de hormigón armado. El flujo de calor adicional (sobre la medida unidimensional U) para cada uno de estos modelos se expresa en forma de transmitancia térmica lineal (ψ) en la Tabla I.

	60mm lana mineral sin aisl. bajo goterón	60mm lana mineral con aisl. bajo goterón	120mm lana mineral sin aisl. bajo goterón	120mm lana mineral con aisl. bajo goterón
Recercado de aluminio	0.931 W/mK	0.620 W/mK	1.001 W/mK	0.663 W/mK
Recercado de composite	0.865 W/mK	0.384 W/mK	0.933 W/mK	0.422 W/mK
Mejora relativa	7.1%	38.1%	6.8%	36.4%

Tabla I. Comparación de la transmitancia térmica lineal (ψ) resultante de emplear recercados de aluminio o composite en un detalle de alféizar de ventana.

El recercado de composite resulta en un mejor comportamiento térmico que el aluminio en todos los casos. El impacto del espesor de aislamiento (60 mm/120 mm) no es muy significativo, dado que el puente térmico se concentra en el contacto de la pieza de alféizar y el marco de la ventana. La mejora resultante de emplear aislamiento bajo el goterón es más efectiva cuando el material de recercado es composite, en contraposición al aluminio.

IMPACTO SOBRE EL CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS EDIFICIOS

Para poner en contexto las mejoras obtenidas mediante el uso de composites sustituyendo al aluminio en anclajes y recercados, se han realizado simulaciones a nivel de edificio completo empleando un método de balance de energía basado en la norma UNE-EN 832. Se han considerado dos variantes para la tipología y dimensiones del edificio:

- Un bloque de vivienda colectiva de 6 viviendas (3 plantas con 2 viviendas por planta), con unas dimensiones exteriores de 20 m de longitud y 10 m de fondo, con una superficie útil de 86 m² por vivienda
- Un edificio con dos viviendas adosadas, con una superficie útil de 110 m² por vivienda, con dos plantas de altura (escalera interior en cada vivienda dúplex) y unas dimensiones exteriores de 15 m de longitud y 10 m de fondo

Las dimensiones escogidas corresponden a las viviendas tipo para España (Elguezabal et al. 2018). En ambos casos, se ha considerado que las fachadas más largas están orientadas a norte/sur. En cuanto a la disposición de huecos, se ha considerado que están distribuidos uniformemente y su superficie cubre un 25% de la fachada. Se han considerado ventanas con transmitancia térmica de U = 1,4 W/m²K y factor solar g = 0,58.

Se han considerado dos climas exteriores: cornisa cantábrica (zona climática C1 en CTE) e interior de península ibérica (zona climática D3 en CTE). Los resultados de las simulaciones a nivel de edificio se detallan en la Tabla II.

Material de anclajes	Material de recercados	**Cornisa Cantábrica**		**Interior de Península Ibérica**	
		Viv. colectiva	Viv. adosada	Viv. colectiva	Viv. adosada
Aluminio	Aluminio	40,9	40,5	60,3	59,8
Aluminio	Composite	31,7	32,5	48,1	49,3
Composite	Aluminio	39,6	39,0	58,8	57,8
Composite	Composite	30,4	31,1	46,4	47,4

Tabla II. Cálculos de demanda de energía anual (kWh/m²) para calefacción, para dos tipologías de edificación y dos climas, para diferentes materiales (aluminio/composite) en anclajes y recercados.

Se estima que los anclajes de composite consiguen un ahorro cercano al 3% en la demanda total de calefacción de los edificios analizados, mientras que de los recercados de composite puede conseguirse un ahorro del orden de un 20%. Hay que apuntar que para estos cálculos se ha extrapolado la transmisión térmica de un tipo específico de alféizar a las mochetas de todas las ventanas. Esto introduce cierta incertidumbre respecto a los porcentajes de ahorro estimados, si bien se ha demostrado que los ahorros posibles son muy significativos. A futuro, cabría realizar un análisis más detallado, incluyendo el cálculo de detalles de jamba y dintel, en función de la posición de las ventanas y las soluciones específicas adoptadas para los encuentros.

OTRAS CONSIDERACIONES EN CUANTO A LA COMPETITIVIDAD DEL SISTEMA

Además del impacto en términos energéticos, se han considerado también aspectos asociados al análisis mecánico, a la durabilidad y al coste del sistema.

Análisis mecánico

Las conclusiones del estudio térmico realizado para el sistema de perfilería en el que se ha demostrado una cierta mejora, justifican un análisis mecánico preliminar con el objeto de realizar una aproximación de la sección requerida. Para el caso del recercado, no se valora este aspecto puesto que es un elemento al que no se le exige una prestación mecánica. Por tanto, para analizar los montantes y ménsulas de composite se han considerado unas cargas de referencia y un edificio objetivo sobre el que analizar la repercusión de la sustitución de los elementos de aluminio por perfiles de composite pultruido. Los cálculos se han llevado a cabo mediante la modelización a través del programa de cálculo de estructuras TRICALC y modelización por elementos finitos ANSYS (FEM). Para todos los casos el aluminio considerado es un EN-AW 6063 T5. Para la sección del montante en aluminio T 3876_4.7 se ha calculado un perfil equivalente en composite de T 8080_6.4. Para el caso de la ménsula, una sección de aluminio L 100x45x4 (h75) podría sustituirse por un elemento de composite de sección equivalente 2L 100x45x4 (h75).

Sin embargo, una validación mecánica definitiva requerirá de la realización de ensayos en laboratorio que certifiquen la capacidad de los elementos evaluados. Esto es una consecuencia directa del carácter ortotrópico de los composites pultruidos sumado a la ausencia de regulación que homogeneice el mercado de este tipo de perfilería.

Análisis de durabilidad

Dadas las características de la resina y fibra que componen los perfiles pultruidos y la respuesta asociada ante los fenómenos y procesos a los que va a estar sometido como elemento integrante de los sistemas de fachadas ventiladas, se han identificado principalmente dos requisitos para garantizar la durabilidad de estos elementos: la resistencia a la radiación y la resistencia al rayado superficial. Este análisis se ha focalizado exclusivamente en los recercados. En los montantes y ménsulas no aplica ninguno de estos dos requerimientos al quedar ocultos por el revestimiento de fachada. La exposición continuada a los rayos UVA combinada con ciclos de lluvia provoca que los perfiles pultruidos de composite sin tratamiento específico sufran el deterioro de la capa superficial y envejecimiento prematuro de la resina, que se traduce en alteraciones de color, brillo, agrietamiento y finalmente en la aparición de las fibras superficiales. Existen dos posibles tratamientos para garantizar la durabilidad en este sentido; pintado posterior al proceso de pultrusión a través de pinturas en base poliuretano o epoxy (este proceso puede suponer un incremento significativo del coste final del producto) o reformular la composición de la resina mediante aditivos.

Por otro lado, el acopio y manipulación en obra provoca en numerosas ocasiones rayones superficiales en los recercados metálicos convencionales que obliga a sustituirlos. Los recercados de composite plástico pueden fabricarse con resinas tintadas de color similar a la de la pintura de acabado, minimizando de este modo el impacto visual del daño.

Análisis de coste

Finalmente se ha analizado la repercusión económica que supondría la sustitución de los subestructura y recercados metálicos de los sistemas convencionales de fachadas ventiladas por perfilería de composite pultruido. Los resultados se muestran en la Tabla III. La estimación realizada indica que el coste del sistema en composite resulta algo superior para los montantes y los recercados pero es más económico para las ménsulas. Este sobrecoste en la inversión se puede compensar gracias a los importantes ahorros energéticos que se obtendrían al reducir el consumo del edificio.

	Ud	Aluminio	Composite
Montantes	€/ml	8,7	10,6
	€/m^2 fachada	10,5	12
Ménsulas	€/ud	3	1,8
	€/m^2 fachada	3,75	2,25
Recercados	€/ml	25	33
	€/m^2 fachada	16,6	21,9

Tabla III. Estimación económica de los diferentes componentes del sistema (montantes, ménsulas y recercados) en función del material empleado (composite y aluminio)

CONCLUSIONES

Con el fin de proporcionar una solución que mejore el comportamiento energético de las fachadas ventiladas, se ha planteado un sistema orientado a dos elementos: la perfilería y los recercados. Tal y como se ha demostrado con el estudio basado en simulaciones, sustituir parcialmente el metal por perfiles pultruidos de composite supone una reducción significativa de los puentes térmicos que repercuten directamente en el consumo del edificio. La solución de perfilería en composite tiene un impacto en el consumo, si bien no es tan significativo como el de los recercados. En cualquier caso, el resultado es muy dependiente del escenario de cálculo y de la tipología constructiva específica, para lo que se ha considerado una construcción típica de nuestro entorno. No obstante, el elevado ahorro que se ha calculado confirma que el margen es suficientemente amplio como para plantear sistemas que incorporen estos elementos, y obtener un resultado final que reduzca significativamente el consumo del edificio gracias a la inclusión de los composites en un sistema de fachada ventilada como el propuesto.

Además de la prestación térmica se ha valorado el comportamiento mecánico para la perfilería y la durabilidad para los recercados, proponiendo una solución equivalente en el caso de los perfiles y con una durabilidad mejorada para los recercados. Finalmente, el análisis de costes indica que actualmente existe un cierto sobrecoste para los elementos en composite, siendo más acusado para el caso de los recercados, incremento que se amortizaría en un plazo breve gracias a los ahorros obtenidos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la información proporcionada por las empresas participantes en el proyecto COFAVE, Fachadas Ventiladas innovadoras con materiales composites. De forma específica a Efeuve (www.efeuve.es) en el ámbito de las fachadas ventiladas y a Abeki (www.abeki.com) en lo concerniente a los composites. Este proyecto ha sido financiado por la Diputación Foral de Bizkaia dentro del Programa para el fomento de la Innovación en Cooperación Elkarlanean 2017.

REFERENCIAS

[1] RArregi, B. et al, 2016, Estudio de transferencia de calor en los puntos de anclaje a forjado de una subestructura de fachada ventilada, III Congreso EECN, Madrid (pp. 114-119).
[2] Elguezabal, P. et al, 2018, Review of the European Building Stock and its potential for retrofit interventions using solar-assisted heating and cooling, REHABEND 2018, Cáceres (pp. 1780-1791).
[3] EPDB 2010/31/EU. Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010 , relativa a la eficiencia energética de los edificios.
[4] UNE-EN 832:2000. Comportamiento térmico de los edificios. Cálculo de las necesidades energéticas para calefacción. Edificios residenciales.
[5] UNE-EN ISO 10211:2012. Puentes térmicos en edificación. Flujos de calor y temperaturas superficiales. Cálculos detallados.

COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE LAS BOMBAS DE CALOR EN LOS EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO

Manuel Herrero, Adjunto a Dirección, Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización (AFEC)

Resumen: Las Bombas de Calor suponen una de las soluciones más efectivas para la climatización y la producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS) de los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo (EECN), ya que son equipos altamente eficientes que hacen uso de energía procedente de fuentes renovables. En la presente Propuesta se muestra cuál es el protagonismo que los equipos Bomba de Calor tienen en los citados edificios gracias a su favorable comportamiento energético, desde la perspectiva del borrador, ya publicado, del Documento Básico DB-HE del Código Técnico de la Edificación CTE, que marca los requisitos que deben cumplir los citados EECN. Dentro del citado borrador, en su sección HE 0 "Limitación del consumo energético", se fijan los valores máximos de una serie de indicadores sobre el funcionamiento energético de los edificios, obtenidos a partir de sus necesidades de Energía Final (Energía Producida y Energía Suministrada). Se muestra una estimación de estos indicadores para el caso de las Bombas de Calor, utilizando la metodología de la herramienta VisorEPBD, publicada por el Ministerio de Fomento, que realiza una evaluación de los mencionados indicadores mediante la introducción de los "Componentes Energéticos" que tiene el edificio, dentro de los cuales se definen los "Vectores Energéticos" empleados. Se indica qué Vectores Energéticos son asignables a las Bombas de Calor, así como los resultados de la simulación, mostrándose cómo la utilización de los citados equipos contribuye, en gran medida, que los edificios alcancen la calificación de EECN.

Palabras clave: EECN, CTE, Bomba de Calor, Visor EPBD, Indicadores Energéticos, Renovable

CLIMATIZACIÓN EN LOS EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO

Definición de EECN

El Código Técnico de la Edificación (CTE), en su Documento Básico DB HE, define Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo (EECN), como edificio que cumple con las exigencias reglamentarias establecidas para edificios de nueva construcción en las diferentes secciones de este Documento Básico.

Asimismo, la Directiva 2010/31 relativa a la eficiencia energética de los edificios (EPBD), en su Artículo 2 lo define como edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, en el que la cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno.

Requisitos para la climatización

En base a lo anterior, lo que puede aseverarse es que los EECN deben cumplir una serie de premisas indispensables:

- Una elevada calidad del edificio en sí, en cuanto a muy bajos coeficientes de transmisión de los cerramientos, impermeabilidad de la envolvente térmica y de los huecos, capacidad de control solar de la envolvente, etc.
- Una elevada calidad de todas las instalaciones, haciendo uso de las energías renovables y de las energías residuales disponibles.

Consecuentemente, en lo que respecta a la climatización, dado su elevado peso específico en el consumo energético de los edificios, deben cumplirse dos condicionantes:

- Instalaciones con equipos altamente eficientes y, en el caso de edificios de los sectores terciario e industrial, gobernados de manera integrada por un sistema de gestión que optimice su uso, en particular desde el punto de vista energético.
- Utilización de la recuperación de calor, en especial en zonas con climas extremos, e imposición de sistemas que usen energía procedente de fuentes renovables.

DEMANDA ENERGÉTICA DEBIDA A LA CLIMATIZACIÓN EN LOS EDIFICIOS

Consumo energético de los edificios

De la información obtenida a partir de los informes publicados por IDAE en su página Web, se obtiene que casi el 60% del consumo de energía final en el año 2016 correspondió al Sector Residencial, según se muestra en la gráfica siguiente:

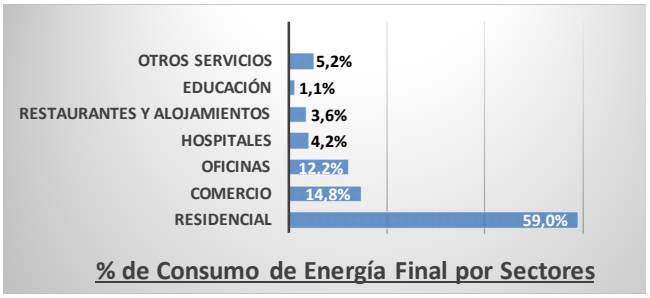
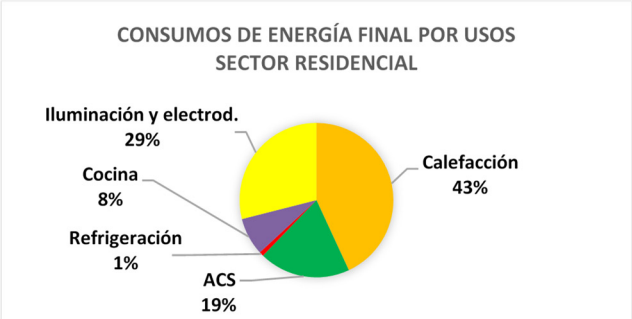


Figura 1. Porcentaje por sectores del consumo de energía final en la edificación.

Datos del sector residencial

En España, prácticamente el 99% de los edificios existentes están destinados a viviendas (fuente: *INE*). Y ya se ha visto en la gráfica anterior el elevado peso específico que tiene el sector residencial en el consumo energético, por lo que es necesario que una gran parte de los esfuerzos dedicados al ahorro energético, se centren en este sector.



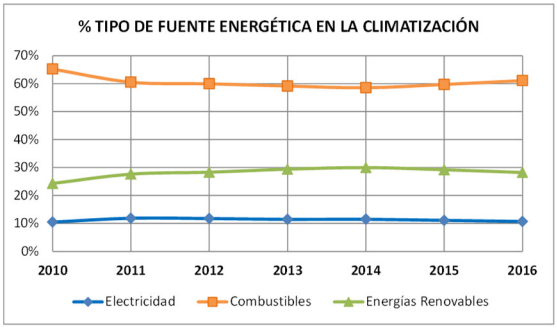


Figura 2. Porcentajes por usos del consumo de energía final en el sector residencial. Figura 3. Porcentaje de utilización de las fuentes energéticas en edificios residenciales.

Basándose en los informes antes referenciados, puede comprobarse como la climatización de los edificios residenciales supone un elevado porcentaje en su consumo de energía, ascendiendo a algo más del 60% de la energía total final del edificio.

En lo que respecta a las fuentes energéticas que se utilizan para la climatización en los edificios residenciales, entendiendo como tal la calefacción la refrigeración, el ACS y la ventilación, los combustibles de origen fósil representan un porcentaje muy alto del total, en torno al 60%, debido al elevado peso de la calefacción.

La gráfica muestra el % de utilización de las fuentes energéticas en los citados edificios y su evolución desde el año 2010, comprobándose cómo las energías procedentes de fuentes renovables representan un valor sensiblemente constante de alrededor del 30% del total de energía final destinada a la climatización.

Demanda y consumo Energéticos en los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo

Ante el mandato impuesto por la mencionada Directiva *EPBD*, que señala que:

- a más tardar el 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo
- 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

Se van a implementar una serie de factores que van a modificar las tendencias en las líneas antes mostradas de energía final dedicada a la climatización:

- A medida que se mejora la calidad de la envolvente de los edificios, se reducirán las cargas térmicas que haya que combatir, y con ello la demanda energética relacionada con la climatización.
- La disminución de la potencia necesaria de los equipos de climatización, unida a su creciente eficiencia, traerá como consecuencia un menor tamaño de los equipos y de las instalaciones de climatización y, con ello, una disminución de sus servidumbres en cuanto a acometidas, conducciones, etc.
- La demanda de ACS cobrará cada vez mayor relevancia frente a la de calefacción, al no depender la primera de cargas externas, sino prácticamente solo de la ocupación.

En relación a la fuente energética que se utiliza para la climatización, asistiremos a una disminución paulatina del uso de los combustibles fósiles en favor del uso de energías procedentes de fuentes renovables y de la electricidad. Ello se debe:

- Por un lado, a las políticas de descarbonización impulsadas desde el seno de la Unión Europea, enfocadas al aumento de la proporción de las energías procedentes de fuentes renovables, tanto en la producción térmica como en la eléctrica.
- Por otro lado, a la tendencia creciente a la demanda de refrigeración en los edificios residenciales, en los que las bombas de calor con alimentación eléctrica representan una de las soluciones más extendidas en el mercado.

Y la razón no es solo el aumento de las necesidades de confort en época estival asociado al progreso, especialmente en países con numerosas regiones con climatología cálida, como es el nuestro, sino también por mejora de salubridad, dado que los sistemas que incorporan bombas de calor, son capaces de mantener las condiciones termohigrométricas óptimas y contribuir a una alta calidad de aire durante todo el año en el interior de los recintos ocupados.

Estos factores tendrán como efecto una reducción del consumo energético en los edificios EECN, así como un "acercamiento" entre las líneas debidas a los diferentes usos, cuya evolución se muestra en la gráfica adjunta.

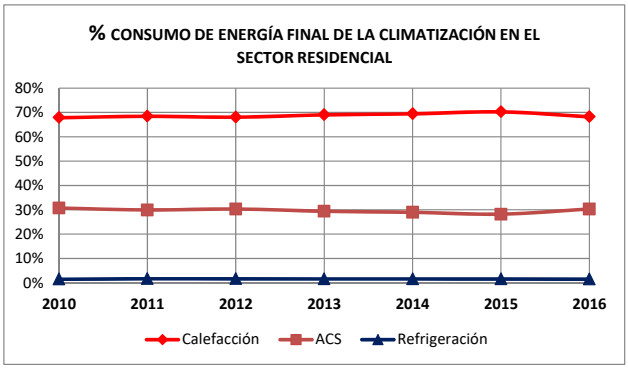


Figura 4. Porcentaje por servicios de climatización de energía final en la edificación residencial.

También tendrán como consecuencia una disminución de las grandes oscilaciones que tienen estas líneas a lo largo del año debidas al efecto estacional.

EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE LAS BOMBAS DE CALOR EN LOS EECN

Introducción

Todos estos requisitos para lograr que los edificios sean *EECN* son consecuencia de la necesidad de disminuir la demanda global de energía para lograr la imprescindible reducción del consumo energético, dentro del que, como hemos visto anteriormente, una parte muy importante corresponde a la climatización.

De igual modo, será prescriptivo hacer un uso extendido de las energías procedentes de fuentes renovables. Por esta razón, los edificios con sistemas de climatización convencionales que utilicen combustibles como fuente energética requerirán que una parte importante del aporte proceda de fuentes renovables, como única posibilidad de cumplir con los valores cada vez bajos niveles de Consumo de Energía Primaria No Renovable (kWh/m^2).

Las Bombas de Calor cumplen con todos los requisitos para satisfacer las necesidades de climatización de los *EECN* y, de hecho, en el citado borrador del CTE-HE, se reconoce a estos equipos en su justa medida.

La evaluación de la eficiencia energética de los edificios se basa en una serie de indicadores energéticos. En la sección Sección *HE 0 Limitación del consumo* energético del citado borrador del Documento base *HE Ahorro de Energía* del *CTE*, figuran los siguientes:

- Consumo de energía primaria renovable $C_{ep,nren}$ [kWh/m^2.a]

- Consumo de energía primaria total $C_{ep,tot}$ [kWh/m^2.a]

Cuyos valores límites se indican de manera esquemática, en función del tipo de edificio y de la zona climática de invierno, en la tabla siguiente:

	ά		A		B		C		D		E	
	$C_{ep,nren,lim}$	$C_{ep,tot}$	$C_{ep,nren,lim}$	$C_{ep,tot}$	$C_{ep,nren,lim}$	$C_{ep,tot}$	$C_{ep,nren,lim}$	$C_{ep,tot}$	$C_{ep,nren,lim}$	$C_{ep,tot}$	$C_{ep,nren,lim}$	$C_{ep,tot}$
Uso Residencial Privado												
Edificios nuevos y ampliaciones	20	40	25	50	28	56	32	64	38	76	43	86
Cambios de uso residencial a privado y reformas	40	55	50	75	55	80	65	90	70	105	80	115
Uso distinto del Residencial Privado												
CFI < 6	100	200	85	190	80	185	65	175	50	165	40	155
6 ≤ CFI ≤ 9	135	230	120	220	110	215	100	205	85	195	75	185
9 ≤ CFI	160	265	145	250	135	245	125	235	110	225	100	215

Tabla I. Tabla resumen de los valores máximos de Cep,nren y de Cep,tot en kWh/m2.a.

Para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios puede utilizarse la herramienta *VisorEPBD*, que permite, a partir de las necesidades de energía final (energía producida y suministrada), obtener los valores de consumo de energía primaria.

Para ello se introducen los *Componentes Energéticos* del edificio, cada uno de ello conteniendo:

- El Vector Energético empleado, es decir, la fuente energética
- El tipo de componente (consumo/producción) y Subtipo
- El Servicio al que se destina
- Los valores mensuales de Energía Final del componente y la curva de la Energía Final consumida

A partir de esta entrada de datos, el Visor facilita los valores de Consumo de Energía Primaria Total y de Consumo de energía primaria renovable antes señalados.

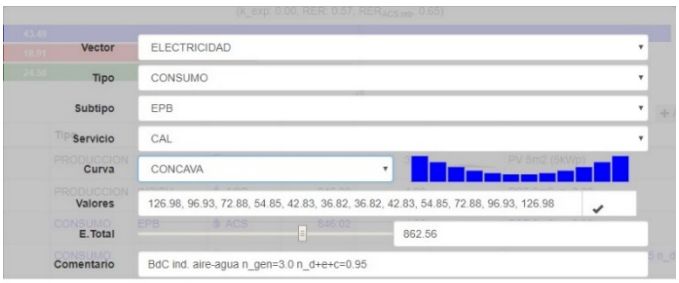


Figura 5. Componente energético con Bomba de Calor en el VsorEPBD.

En el caso de Bombas de Calor, es habitual introducir tres tipos de componentes energéticos:

- Líneas del vector energético Medioambiente para servicio de Calefacción y ACS.
- Una línea con el de combustible o electricidad que use el sistema para calefacción.
- Una línea con el de combustible o electricidad que use el sistema para refrigeración.

Caso de aplicación

El siguiente caso de aplicación ser refiere a una vivienda unifamiliar, ubicada en la provincia de Madrid (Zona Climática C), realizada con los requisitos del CTE actual. Se realizará un comparativo entre los valores obtenidos de los dos parámetros antes indicados, *Consumo de energía primaria renovable $C_{ep,nren}$* y *Consumo de energía primaria total $C_{ep,tot}$*, para cuatro posibles opciones de climatización:

- Opción a (CC+CST+BdC): Caldera de Condensación para calefacción y producción de ACS, con apoyo de Colectores Solares Térmicos para el ACS (cobertura del 60%) y refrigeración por Bomba de Calor
- Opción b (BdC): Bomba de Calor para Calefacción, Refrigeración y ACS
- Opción c (BdC+CST): Bomba de Calor para Calefacción, Refrigeración y ACS con apoyo de Colectores Solares Térmicos para el ACS (cobertura del 60%)
- Opción d (BdC+PV): Bomba de Calor para Calefacción, Refrigeración y ACS con alimentación eléctrica de Paneles Solares Térmicos (cobertura del 75% en refrigeración y del 5% en calefacción y ACS)

Las cargas y demandas térmicas se han obtenido con un el software 3D para el diseño, cálculo integrado y simulación de las instalaciones de los edificios, los coeficientes de paso son los facilitados por los Ministerios de Industria, Comercio y Turismo y de Fomento.

Siguiendo la metodología de cálculo de la herramienta *VisorEPBD* antes señalada, se obtienen los siguientes resultados, detallados en Tabla II.

Se ha marcado en color verde los valores que están por debajo de los máximos reglamentarios, y en color rojo los que están por encima.

A la vista de los resultados presentados, se observa que:

- La opción que está más lejos de los valores requeridos es la **Opción a** (CC+CST+BdC), aunque con el CTE vigente sí cumple con los requisitos establecidos.
- Hay poca diferencia entre los valores obtenidos con la **Opción b** (BdC) y la **Opción c** (BdC+CST). En ambos casos quedarían fuera del cumplimiento el parámetro $C_{ep,nren}$
- La única opción que cumpliría con los requisitos del borrador, y muy distanciada de las demás, es la **Opción d** (BdC+PSF). Esto se debe al efecto "multiplicador" de las Bombas de Calor, que convierten la energía absorbida, en este caso energía eléctrica de paneles fotovoltaicos.

CONCLUSIÓN

Los nuevos requisitos de reducción de la demanda energética de los edificios (mayor aislamiento térmico, estanqueidad frente a las infiltraciones, control solar, etc.), favorecerán la posibilidad de utilizar diferentes opciones para la climatización y la producción de ACS.

Pero, en cualquier caso, con vistas a la calificación energética de los edificios, los sistemas basados en bombas de calor, y más aún con apoyo de energía fotovoltaica, supondrán una de las propuestas más directas y eficaces, desde el punto de vista práctico, para mejorar la calificación energética de los edificios hasta sus valores más altos y cumplir con los requisitos de los *EECN*.

En aquellos casos en los que se requiere refrigeración, cada vez más habitual, la opción más favorable será el uso de bombas de calor reversibles, puesto que con un mismo equipo pueden satisfacerse las demandas de calefacción y de refrigeración, e incluso de ACS en el caso de las Bombas de Calor Multitarea.

Vector energético	Tipo	Subtipo	Servicio	Energia final		EP			Comentario
						NRen	Ren	Total	
				kWh/a	kWh/a.m^2	kWh/m^2·a)			
Opcion A: CC + CST + BdC						**83,73**	**5,67**	**89,41**	
MEDIOAMBIENTE	CONSUMO	EPB	ACS	**254**	0,63		0,63	0,63	PST 60% Cobertura
GASNATURAL	CONSUMO	EPB	ACS	**380**	0,95	1,13		1,13	Cadera de condensación 95%
GASNATURAL	CONSUMO	EPB	CAL	**23.538**	58,72	69,87		69,87	Cadera de condensación 98%
ELECTRICIDAD	CONSUMO	EPB	REF	**1.740**	4,34	8,71	3,45	12,16	Bomba de Calor SPF=3,5
ELECTRICIDAD	CONSUMO	EPB	ILU	**365**	0,91	1,83	0,72	2,55	Luminarias
ELECTRICIDAD	CONSUMO	EPB	VEN	**438**	1,09	2,19	0,87	3,06	Extractor
Opcion b: BdC						**40,67**	**21,45**	**62,12**	
MEDIOAMBIENTE	CONSUMO	EPB	ACS	**317**	0,79		0,31	0,31	Bomba de Calor SPF=2
ELECTRICIDAD	CONSUMO	EPB	ACS	**317**	0,79	1,59		1,59	Bomba de Calor SPF=2
MEDIOAMBIENTE	CONSUMO	EPB	CAL	**17.300**	43,16		17,09	17,09	Bomba de Calor SPF=4
ELECTRICIDAD	CONSUMO	EPB	CAL	**5.767**	14,39	28,87		28,87	Bomba de Calor SPF=4
ELECTRICIDAD	CONSUMO	EPB	REF	**1.740**	4,34	8,71	3,45	12,16	Bomba de Calor SPF=3,5
ELECTRICIDAD	CONSUMO	EPB	ILU	**200**	0,50	1,00	0,40	1,40	Luminarias
ELECTRICIDAD	CONSUMO	EPB	VEN	**100**	0,25	0,50	0,20	0,70	Extractor
Opcion c: BdC + CST						**39,88**	**22,14**	**62,02**	
MEDIOAMBIENTE	CONSUMO	EPB	ACS	**254**	0,63		0,63	0,63	PST 60% Cobertura
MEDIOAMBIENTE	CONSUMO	EPB	ACS	**380**	0,95		0,38	0,38	Bomba de Calor SPF=2
ELECTRICIDAD	CONSUMO	EPB	ACS	**159**	0,40	0,79		0,79	Bomba de Calor SPF=2
MEDIOAMBIENTE	PRODUCCION	EPB	CAL	**17.300**	43,16		17,09	17,09	Bomba de Calor SPF=4
ELECTRICIDAD	CONSUMO	EPB	CAL	**5.767**	14,39	28,87		28,87	Bomba de Calor SPF=4
ELECTRICIDAD	CONSUMO	EPB	REF	**1.740**	4,34	8,71	3,45	12,16	Bomba de Calor SPF=3,5
ELECTRICIDAD	CONSUMO	EPB	ILU	**200**	0,50	1,00	0,40	1,40	Luminarias
ELECTRICIDAD	CONSUMO	EPB	VEN	**100**	0,25	0,50	0,20	0,70	Extractor
Opcion d: BdC + PSF						**18,91**	**19,17**	**38,08**	
MEDIOAMBIENTE	CONSUMO	EPB	ACS	**634**	1,58		0,63	0,63	Bomba de Calor SPF=2 + PST 50%
ELECTRICIDAD	CONSUMO	EPB	ACS	**159**	0,40	0,79		0,79	Bomba de Calor SPF=2 + PST 50%
MEDIOAMBIENTE	CONSUMO	EPB	CAL	**17.300**	43,16		17,09	17,09	Bomba de Calor SPF=4 + PST 50%
ELECTRICIDAD	CONSUMO	EPB	CAL	**2.883**	7,19	14,44		14,44	Bomba de Calor SPF=4 + PST 50%
ELECTRICIDAD	CONSUMO	EPB	REF	**435**	1,09	2,18	0,86	3,04	Bomba de Calor SPF=3,5 + PST 75%
ELECTRICIDAD	CONSUMO	EPB	ILU	**200**	0,50	1,00	0,40	1,40	Luminarias
ELECTRICIDAD	CONSUMO	EPB	VEN	**100**	0,25	0,50	0,20	0,70	Extractor

Tabla II. Valores de de Cep,nren y de Cep,tot para las diferentes opciones de aplcación.

REFERENCIAS

- IDAE. Balances energéticos. (http://www.idae.es/estudios-informes-y-estadisticas):
- "Informe Anual de consumos Energéticos. Año 2016"
- "Consumos de Energía Final por usos del sector Residencial (ktep). Años 2010 a 2016"
- Ministerio de Fomento. VisorEPBD, (https://www.codigotecnico.org/visorepbd/index.html#/)
- La Bomba de Calor. Fundamentos, Tecnología y Casos Prácticos. Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización

APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO TERMO-REFLECTANTE EN CUBIERTAS PARA MEJORAR EL AISLAMIENTO TÉRMICO

Joan Ferré Sáinz de la Maza, Socio Cofundador, Nanoavant

Resumen: Los recubrimientos termo-reflectantes son una innovadora y efectiva solución para el sector de la construcción y rehabilitación, con la finalidad de mejorar la eficiencia energética de los edificios. Poseen 3 características principales para conseguir el bloqueo de la transferencia de calor generado por la incidencia solar que se concentra en mayor medida en las cubiertas de los edificios: (1) Alta emisividad y reflectividad cercanas al 90% (2) Contienen microesferas de cerámica que aportan propiedades de aislamiento térmico (3) Son impermeabilizantes y reducen el flujo térmico por la ausencia de humedad. La más reciente innovación en este tipo de pinturas es que están basadas en Nanotecnología. Al contener componentes nanoestructurados como el Dióxido de Titanio, Dióxido de Silicio y Dióxido de Zinc, se consigue una pintura elastomérica con base acuosa y bajo contenido en Componentes Orgánicos Volátiles, que aporta un valor añadido respecto a las pinturas convencionales. Aplicable en toda clase de cubiertas de obra, bituminosas o metálicas. Su aplicación mediante maquinaria y pistola airless reduce el tiempo y en consecuencia el coste total, comparado con otros sistemas de aislamiento tradicionales que suponen obras. Además, se trata de una solución complementaria a otras medidas de aislamiento térmico y aplicable a posteriori en cualquier cubierta como recubrimiento final.

Palabras clave: Pintura Termo-Reflectante, Ahorro en Climatización, Confort Térmico, Aislamiento Térmico, Eficiencia Energética

INTRODUCCIÓN

La necesidad de rehabilitación energética de edificios en España es muy elevada, puesto que el parque de edificaciones está muy envejecido y no dispone de los criterios que se aplican actualmente para las nuevas construcciones. De esta manera, en muchos casos el aislamiento térmico es casi inexistente y en consecuencia, el consumo de energía es muy elevado. Una normativa europea aprobada recientemente exige a España que todas las viviendas sociales y edificios públicos que se construyan a partir de 2018 se basen en los criterios de los EECN. Sus objetivos son la reducción de los efectos de la pobreza energética y exclusión social y la reducción del impacto medioambiental, incidiendo directamente en una menor generación de gases contaminantes por un menor consumo energético.

La aplicación de pintura termo-reflectante en las cubiertas de edificaciones existentes supone una reducción de la temperatura exterior del elemento constructivo de un 40% de media, que consecuentemente significará un menor flujo térmico hacia el interior de la construcción, que mejorará notablemente el confort térmico y en su caso, reducirá los costes de climatización.

Los beneficios de la utilización de esta tecnología son el ahorro de costes de energía, mejora del confort térmico y menor generación de CO2.

Esta medida es ideal para aplicar en construcciones existentes por su facilidad y rapidez de aplicación, sin necesidad de realizar obras.

Supone una mejora de la eficiencia energética a un coste menor que con otros sistemas de aislamiento tradicionales. De manera que está al alcance de todos los estratos sociales, ya sea mediante financiación privada o a través de ayudas estatales para la rehabilitación de zonas con escasos recursos económicos.

Existen otras medidas para mejorar la envolvente térmica de construcciones, como la instalación de materiales aislantes como la lana de roca, poliestireno expandido, sistemas SATE, etc. Son sistemas efectivos debido a sus características físicas (grosor, composición, etc), pero suponen la realización de obras y a veces no son compatibles con algunas edificaciones por inexistencia de espacio suficiente para su implementación, limitaciones de comunidades de vecinos, coste elevado de permisos y ejecución, elevado coste del material aislante, etc.

La mayoría de estos sistemas tradicionales se pueden complementar con el recubrimiento termo-reflectante, mejorando en definitiva la reducción de la transmitancia térmica de los elementos constructivos.

El carácter innovador de las pinturas térmicas como solución constructiva para mejorar la eficiencia energética, especialmente en el caso de rehabilitaciones de edificios existentes, por el momento está dificultando su penetración masiva en el mercado español de la construcción.

En el CTE no se contemplan, por el momento, soluciones de aislamiento térmico mediante la reflectividad, con un grosor tan reducido (aprox. 500 micras con 2 capas). Pero los resultados obtenidos en diversas aplicaciones y la existencia de diferentes actores que comercializan estas pinturas en el mercado nacional e internacional, auguran un exitoso futuro para este tipo de recubrimientos.

Existen test de laboratorios y entidades de certificación, además de casos de éxito que se monitorizaron con sondas de temperatura y entidades externas que justifican los buenos resultados obtenidos y el ahorro en costes de climatización que suponen.

EL PROYECTO

Aplicación de pintura termo-reflectante en cubierta metálica

Problema: Las condiciones de trabajo para el personal en el interior de la nave eran adversas debido a las altas temperaturas registradas en verano.

Pasos para la implementación del sistema:

- Aplicación de 1 capa de imprimación para superficies poco porosas, galvanizadas, de aluminio, etc.
- Aplicación de 2 capas de pintura termo-reflectante Surfapaint ThermoDry Elastomeric Roof, mediante pistola airless.

Figura 1. Cubierta metálica tratada con pintura termo-reflectante Thermodry.

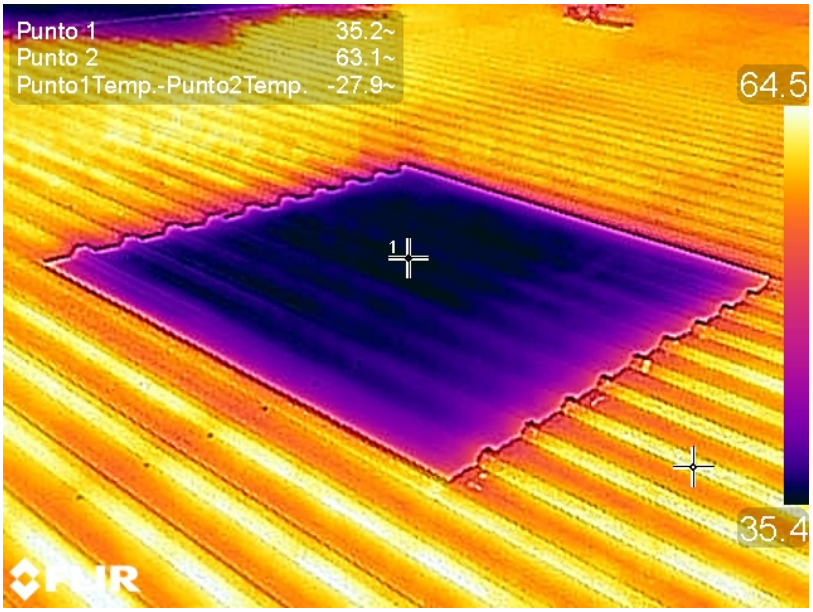


Figura 2. Medición con cámara termográfica. Reducción de temperatura superficial de 27,9 grados.

Figura 3. Imagen captada desde el interior de la cubierta tratada.

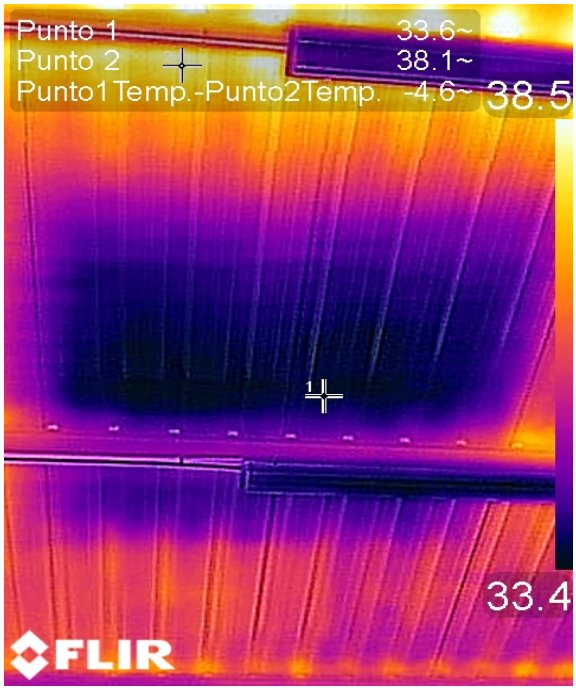


Figura 4. Medición con cámara termográfica desde el interior. Reducción de temperatura de 4,6 grados.

MATERIAL Y MÉTODOS

La pintura termo-reflectante utilizada en el proyecto es Surfapaint Thermodry Elastomeric Roof, del fabricante griego de recubrimientos nanotecnológicos NANOPHOS SA.

Dicha pintura se engloba dentro de la tecnología COOL ROOF, que consiste en transformar las cubiertas tratadas en termo-reflectantes, reduciendo notablemente su temperatura superficial. De esta manera, se consigue bloquear la transferencia de calor hacia el interior y mantener las cubiertas de las construcciones más frías mediante la alta reflectividad y emisividad. El objetivo es bloquear la radiación infrarroja del sol para reducir la transferencia térmica hacia el interior. Además, por sus propiedades impermeabilizantes se consigue eliminar la penetración de la humedad, por lo que se reduce el flujo térmico, aumentando la resistencia térmica.

El EUROPEAN COOL ROOF COUNCIL es una asociación sin ánimo de lucro que se fundó en 2011, con la finalidad de desarrollar el conocimiento científico e investigación en relación con la tecnología COOL ROOF. Promocionando en consecuencia el estudio y uso de productos y materiales 'cool roof' en Europa, incluyendo un programa de valoración de dichos productos para certificar sus propiedades y características de forma objetiva e independiente al fabricante. Dichas valoraciones se pueden consultar en el registro de productos de su página web.

La aplicación de la pintura termo-reflectante en cubiertas se acostumbra a realizar mediante maquinaria y pistolas AIRLESS. De esta manera se consigue un pulverizado muy fino que da un acabado uniforme que cubre perfectamente toda la superficie tratada. También se trata de una metodología con una alta productividad que reduce el coste de mano de obra notablemente en comparación con otros métodos manuales (por ejemplo, con rodillo).

Estas son las propiedades de la pintura utilizada, según la certificación en el registro de productos del European Cool Roof Council:

Emitancia Térmica 0,90

Es la proporción de radiación térmica absorbida por una superficie que es devuelta al entorno.

Reflectancia Solar 0,86

Es la fracción de radiación incidente reflejada por una superficie.

Índice de reflectancia Solar 108

Es un valor que incorpora la reflectancia y la emitancia. Según LEED sería aceptable a partir de 78.

CONCLUSIONES

1. Se captaron diversas imágenes con cámara termográfica sobre la superficie de la cubierta y también desde el interior del edificio para cuantificar el bloqueo de la transferencia de calor obtenido.
2. La diferencia de temperatura entre la superficie no aplicada y la tratada con la pintura térmica es de 27,9° C. Reducción del 44% de la temperatura exterior de la cubierta metálica, por lo que la transferencia térmica hacia el interior se ve reducida notablemente.
3. En el interior del edificio, la temperatura superficial captada en el techo, justo debajo de la aplicación de la pintura de la cubierta, disminuyó de 38,1 ° C a 33,6 ° C (disminución de 4,6° C) sin ningún medio adicional de climatización. Al tratarse de una prueba de aplicación con la finalidad de hacer una comparativa, previa a la aplicación en su totalidad, la reducción de temperatura captada desde el interior es significativa, pero debería ser mayor debido a la elevada cantidad de calor que todavía se transfiere por conductividad del metal de la zonas colindantes que no están tratadas con la pintura.

Las aplicaciones de la pintura termo-reflectante son muy diversas; en cubiertas de obra o bituminosas de edificios, cubiertas metálicas de naves industriales, de cerámica, etc.

Aplicada a un edificio por el exterior, en épocas de calor su estructura se calentará menos, disminuyendo así la cantidad de energía necesaria para enfriar su interior. En estaciones frías, se bloqueará la fuga del calor del interior, disminuyendo así la cantidad de energía necesaria para calentarlo.

Gracias a la Nanotecnología, se obtiene un producto único que también tiene propiedades hidrofugantes, debido a las nanopartículas de Dióxido de Silicio, que tienen una gran capacidad para permitir que la superficie transpire y se mantenga seca. De esta manera, se minimiza la condensación de la humedad y la creación de moho. Esta característica resulta muy importante para reducir la conductividad térmica de una superficie, puesto que, a menor humedad menor flujo térmico.

En el presente y futuro de la rehabilitación edificatoria para mejorar la eficiencia energética, tomarán protagonismo los recubrimientos como la pintura termo-reflectante, con propiedades funcionales, proporcionando una importante reducción del coste económico en climatización y una mejora del confort térmico.

La facilidad y rapidez de aplicación, sumadas al coste del producto, todo amortizable en unos 3 años, hacen de esta tecnología una buena alternativa para mejorar la envolvente térmica del obsoleto parque edificatorio en España.

RECONOCIMIENTOS

Han colaborado a mejorar el estudio y a discutir las ideas: NANOPHOS (fabricante griego de productos químicos para la construcción basados en Nanotecnología) y XAVIER ENRÍQUEZ (socio cofundador de NANOAVANT).

ISOBIO: COMPARATIVA DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA CALCULADA Y MEDIDA IN-SITU DE UN PANEL AISLANTE ESTRUCTURAL CON MATERIALES DE ORIGEN BIOLÓGICO

Oliver Style, Consultor Passivhaus, Director, Progetic
Bega Clavero, Consultora Passivhaus, Progetic
Vicenç Fulcarà, Ingeniero Técnico industrial, Director, Progetic

Resumen: Los edificios de consumo casi nulo se distinguen de los edificios convencionales por tener una diferencia mínima entre las demandas energéticas proyectadas en fase de diseño y las demandas reales en fase de uso, atacando así el llamado "performance gap". Este artículo presenta los resultados de la transmitancia térmica medida in-situ (conforme la ISO 9869) y el valor U calculado conforme la metodología del PHPP (ISO 6946), de un panel aislante estructural con materiales de origen biológico, como parte del proyecto europeo ISOBIO. El panel se ha diseñado con un alto nivel de aislamiento térmico y hermeticidad al aire, con estrategias para reducir el puente térmico a través de los elementos estructurales y una membrana de control de vapor dinámico para permitir la transpirabilidad en los meses de verano. Dentro del margen de incertidumbre de una medición in-situ en régimen dinámica y su comparación con un cálculo en régimen estacionario, la excelente correlación de los resultados valida el modelo de cálculo e indica que tanto el panel como sus materiales de origen biológico son aptos para Passivhaus. Se considera interesante aplicar este tipo de análisis al sector en general y la comunidad EECN en específico, para analizar posibles discrepancias entre lo medido y lo calculado.

Palabras clave: ISOBIO, Transmitancia Térmica, Aislamiento Térmico, Aislamiento Natural, Investigación

INTRODUCCIÓN

ISOBIO es un proyecto europeo que empezó en febrero del 2015 y termina el enero del 2019, financiado bajo el programa Horizon2020 en el apartado de Materiales para la Envolvente de los Edificios, EeB-01-2014. El proyecto ha desarrollado nuevos materiales aislantes y revocos a partir de fibras vegetales, residuos agrícolas, y aglomerantes biológicos, con el objetivo de reducir tanto la energía embebida de los materiales en la fase de fabricación como el consumo energético en la fase de uso del edificio. Los materiales desarrollados en el proyecto se han incorporado en un panel prefabricado como elemento estructural aislante para edificios de nueva construcción. Se ha fabricado, instalado, e instrumentado en 2 demostradores: HIVE (University of Bath, Wroughton, Reino Unido), y Test Cell (Acciona, Sevilla, España). Se ha monitorizado el comportamiento del panel para validar los modelos de cálculo de transmisión térmica y sacar conclusiones.

PANEL ISOBIO PARA NUEVA CONSTRUCCIÓN

La Figura 1 muestra planos del panel ISOBIO para nueva construcción. El panel mide 1,95m x 1,95m, con un espesor total de 33,2cm en 8 capas con 9 materiales diferentes (Figura 2). Se compone de un revoco exterior compuesto de cal y cáñamo de 25mm de espesor, aplicado sobre un aislamiento térmico rígido de cáñamo de 50mm, que se ha fijado mecánicamente a la estructura de madera de pino rojo, con montantes de 145mm x 45mm a 600mm. Entre la estructura hay 145mm de aislamiento de cáñamo, algodón, y lino, seguido por un tablero de OSB 3 de 12 mm para el arriostramiento. Sobre el OSB se ha fijado una membrana hermética y de control de vapor dinámico seguido por una cámara de instalaciones de 45mm de espesor con aislamiento térmico de cáñamo, algodón, y lino, entre rastreles de madera, girados a 90º en relación a la estructura para reducir el puente térmico a través de los elementos de madera. La cámara se cierra con un tablero de paja termo-comprimida de 40mm de espesor, revocado al interior con un compuesto de arcilla y cáñamo aplicado en 3 capas, de 15mm de espesor.

INSTALACIÓN Y MONITORIZACIÓN EN LOS DEMOSTRADORES

La Figura 3 y la Figura 4 muestran la instalación de los paneles en los demostradores en Wroughton y Sevilla. En ambos casos, se instaló un sistema de monitorización con una estación meteorológica registrando las condiciones climáticas exteriores, una sonda de temperatura en la cara exterior del panel, y un sensor de flujo de calor y una sonda de temperatura en la cara interior. Los datos se midieron a un intervalo de 5 minutos. La temperatura interior se mantuvo a una temperatura media de 25,5ºC durante todo el periodo con un calentador eléctrico de aire.

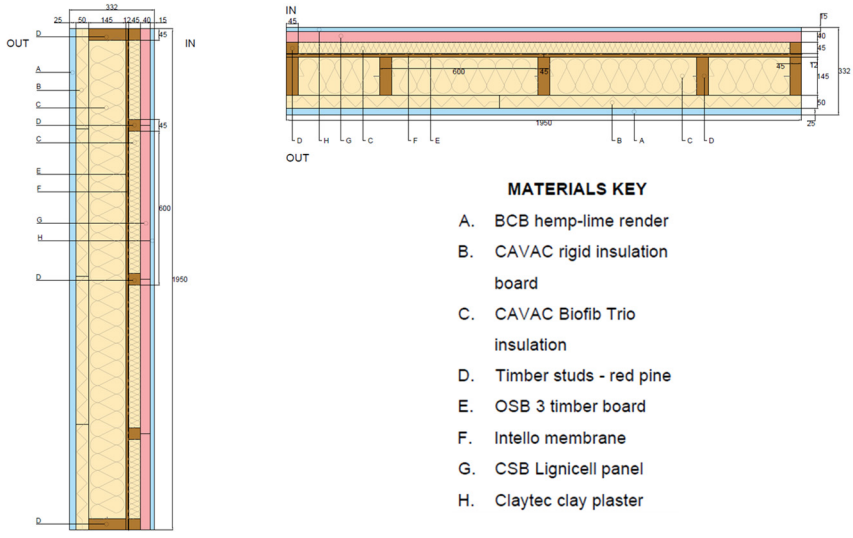


Figura 1. Sección vertical y horizontal del panel ISOBIO.

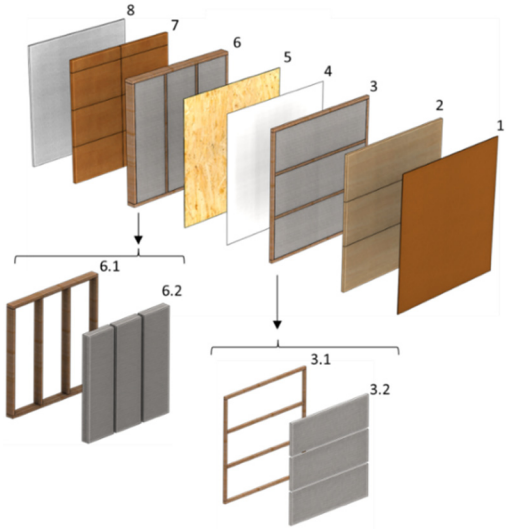


Figura 2. Composición del panel.

Figura 3. Instalación de los paneles en el demostrador HIVE, Wroughton, Reino Unido.
Figura 4. Instalación de los paneles en el demostrador Test Cell, Sevilla, España.

RESULTADOS DE CÁLCULO DE U CONFORME LA ISO 6946

La Tabla muestra los resultados de cálculo de la U del panel ISOBIO conforme la ISO 6946 [1], tal como se calcula en la herramienta PHPP. Para las conductividades térmicas de los materiales, se tomaron los valores medidos en laboratorio y/o de los fabricantes (generalmente para el material seco a 10ºC, con un contenido de agua w=0), y se re-calcularon con un modelo desarrollado por la Universidad de Rennes 1 para una humedad relativa del material a 50%, para tomar en cuenta conductividades más altas por el contenido de agua de cada material.

Resistencia superficial Interior [m²K/W]	0,13
Resistencia superficial Exterior[m²K/W]	0,04

Material [Sección 1]	**Espesor** [mm]	**λ, HR=50%** [W/m·K]	**Material** [Sección 2]	**λ, HR=50%** [W/m·K]	**Material** [Sección 3]	**λ, HR=50%** [W/m·K]
Revoco de cal y cáñamo	25	0,141				
Aislamiento rígido de cáñamo	50	0,080				
Aislamiento de cáñamo, algodón y lino	145	0,040	Madera	0,133		
Tablero de OSB 3	12	0,162				
Membrana hermética-control de vapor	0,25	2,413				
Aislamiento de cáñamo, algodón y lino	45	0,040			Madera	0,133
Tablero de paja comprimida	40	0,125				
Revoco de arcilla y cáñamo	15	0,631				
Espesor total [mm]	**332**	*% Sec. 1:*		*% Sec. 2:*		*% Sec. 3:*
		85,0%		*7,5%*		*7,5%*

Resistencia térmica, límite superior R'_T [m²K/W]	5,77
Resistencia térmica, límite inferior R''_T [m²K/W]	5,43
Resistencia térmica, R_T [m²K/W]	5,60
Estimación de error	*3%*
U calculado ISO 6946 [W/m2·K]	**0,18**

Tabla I. Cálculo de la U conforme la ISO 6946.

RESULTADOS DE LA MEDICIÓN IN-SITU DE LA U CONFORME LA ISO 9869

Se presentan los resultados del periodo 24/02/2018 a 14/03/2018 en el demostrador HIVE, Reino Unido, durante un total de 432 horas, o 18 días, con 5.184 puntos de datos. Conforme la ISO 9869 [2] el cálculo de la U in-situ se he realizado de la siguiente manera:

$$U_{corregido} = \frac{q}{(T_i - T_e) - R'q}$$

Donde:

- $U_{corregido}$= transmitancia térmica, corregido para las perturbaciones del sensor de flujo de calor, W/m2·K
- q = densidad de flujo de calor ϕ/A, W/m2
- T_i = temperatura (del ambiente) interior, ºC or K
- T_e = temperatura (del ambiente) exterior, ºC or K
- R' = resistencia térmica del medidor de flujo de calor

La Tabla II, la Figura 5 y la Figura 6 muestran los resultados medidos con el valor calculado.

Promedio, flujo de calor [W/m2]	3,9
Promedio, Temp. Aire [ºC]	25,6
Promedio, Temp. Sup. Int. [ºC]	24,6
Promedio, Temp. Sup. Ext. [ºC]	3,0

Promedio, Temp. Aire Ext. [ºC]	2,4
Valor-U [W/m2·K]	0,17
Conductancia [W/m2·K]	0,18
R_T [m2·K/W]	5,49
R_T corregido [m2·K/W]	5,90
U corregido, medido in-situ [W/m2·K]	**0,17**
U calculado [W/m2·K]	**0,18**

Tabla II. Resultados, U medido in-situ y U calculado.

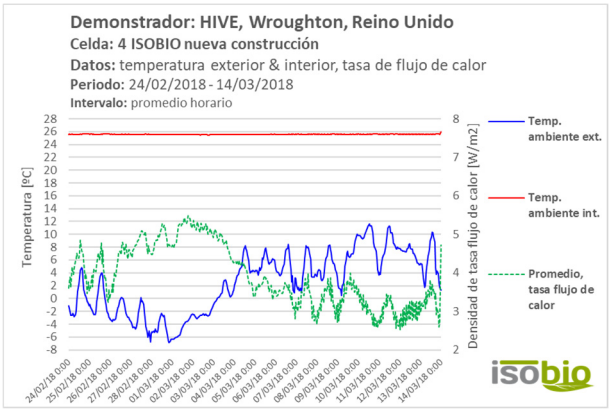


Figura 5. Resultados – temp. int. & ext., tasa de flujo de calor, periodo completo.

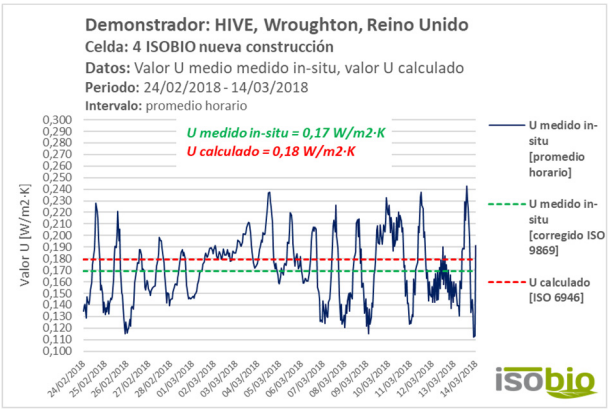


Figura 6. Resultados, valor U medido in-situ vs. U calculado, periodo completo.

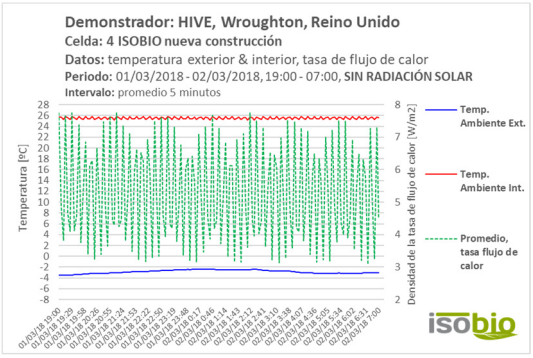


Figura 7. Resultados – temp. int. & ext., tasa de flujo de calor, 12 horas sin radiación solar.

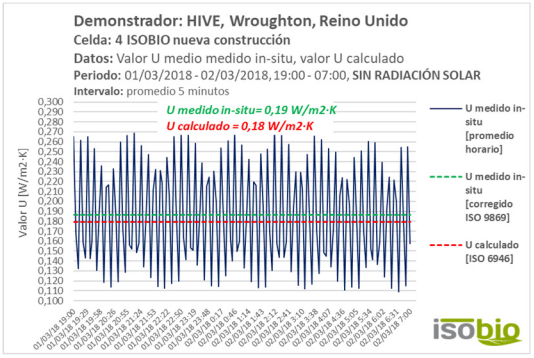


Figura 8. Resultados, valor U medido in-situ vs. U calculado, 12 horas sin radiación solar.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Dentro del margen de incertidumbre de una medición in-situ en régimen dinámica, y su comparación con un cálculo en régimen estacionario, hay una excelente correlación entre los valores calculados y los valores medidos. El promedio del valor U medido in-situ durante el periodo completo era 0,17 W/m2·K, comparado con el valor calculado de 0,18 W/m2·K (-5% entre lo medido y lo calculado). Para contrastar los resultados obtenidos durante el periodo completo, se analizó un periodo más corto de 12 horas consecutivas durante la noche (para eliminar el efecto de la radiación solar), cuando la temperatura exterior se mantuvo en un rango de +/- 2,8 ºC (es decir, en condiciones más similares a un régimen estacionario). En este caso, el valor U medido in-situ era 0,19 W/m2·K, comparado con el valor calculado de 0,18 W/m2·K. En ambos casos, la diferencia es de +/- 0,1 W/m2·K, siendo una desviación mínima. En un estudio

simular de 300 viviendas en el Reino Unido, las desviaciones entre lo calculado y lo medido llegaban hasta un 33% [3]. Los resultados validan el modelo de cálculo e indica que tanto el panel como sus materiales de origen biológico son aptos para Passivhaus. Se considera interesante aplicar este tipo de análisis al sector en general y la comunidad Passivhaus en específico, para analizar posibles discrepancias entre lo medido y lo calculado y dar valor a los edificios Passivhaus.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto ISOBIO se realiza gracias a la subvención N° 636835 otorgada por la Unión Europea. http://isobioproject.com. El consorcio está formado por: TWI, University of Bath, Université de Rennes 1, Norsk Institutt for Bioeconomy, Greenovate! Europe, BCB, Claytec, Stramit International, Cavac Biomatérieux, Acciona y Progetic. Los autores quieren agradecer a Nicolas Reuge y el equipo de ISOBIO de la Université de Rennes 1, y a Mike Lawrence, Andrew Shea y el equipo de ISOBIO de la University of Bath, por sus aportaciones al presente estudio.

REFERENCIAS

[1] ISO 6946:2007 Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method (Componentes y elementos para la edificación. Resistencia térmica y transmitancia térmica. Método de cálculo.)

[2] ISO 9869-1:2014 Thermal Insulation – Building elements – in-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance (Aislamiento térmica – elementos constructivos – medición in-situ de la resistencia térmica y transmitancia térmica).

[3] Hulme, J. & Doran, S., 2014, BRE Report. In-situ measurements of wall U-values in English housing. BRE, Watford, Reino Unido.

APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES DE FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN UNA VIVIENDA DE CONSUMO CASI NULO

Oliver Style, Consultor Passivhaus, Director, Progetic
Vicenç Fulcarà, Ingeniero Técnico industrial, Director, Progetic
Bega Clavero, Arquitecta Técnica, Passivhaus Tradesperson, Progetic

Resumen: Se presenta la implementación de una instalación fotovoltaica de autoconsumo en una vivienda unifamiliar con certificación Passivhaus Classic, en donde se desvían los excedentes de la producción fotovoltaica a una resistencia eléctrica en el depósito de Agua Caliente Sanitaria. Dado las trabas burocráticas para el autoconsumo con balance neto en nuestro país y la necesidad de reducir el tiempo de amortización de una instalación fotovoltaica, se ha diseñado e instalado un sistema que permite convertir la energía eléctrica que no se autoconsume en la vivienda, en energía térmica en el depósito de ACS para su uso posterior. Ya que los consumos de ACS son casi siempre superiores a los de climatización en una Passivhaus, una solución de este tipo reduce la factura energética y aprovecha una fuente de energía renovable para producir agua caliente, evitando muchos de los problemas de mantenimiento que suelen sufrir los sistemas de energía solar térmica.

Palabras clave: Fotovoltaica, Autoconsumo, Excedentes, ACS, Agua Caliente Sanitaria, Factura Energética, Eficiencia Energética, EECN, Passivhaus

INTRODUCCIÓN

En comparación con edificios convencionales, los edificios Passivhaus monitorizados demuestran una reducción muy importante en los consumos de climatización y electricidad [1]. Este hecho mejora la viabilidad económica de generar energía renovable in-situ con la fotovoltaica, ya que se necesita un generador de menor potencia y menor superficie en cubierta, que siempre es un limitante. La reducción de los consumos de calefacción también pone en relieve la importancia de atacar el consumo de Agua Caliente Sanitaria, con las altas pérdidas que conlleva su producción, almacenamiento, distribución y recirculación [2]. En un país con un recurso solar inmenso y en donde las actuales políticas del estado impiden el autoconsumo con balance neto, volcar los excedentes de la producción fotovoltaica de autoconsumo (sin inyección a red) a una resistencia eléctrica en el depósito de ACS es una manera de aumentar el aprovechamiento de la fotovoltaica y reducir la factura por ACS usando energías renovables. Se presenta la implementación de esta solución en una vivienda situada en la ciudad de Girona, diseñada por Tigges Architekt y Energiehaus Arquitectos, que consta de 180 m2 de superficie útil. La obra se terminó en agosto del 2017, recibiendo la certificación Passivhaus Classic en diciembre del mismo año (Figura 1).

PLANTEAMIENTO INICIAL ¿DESCONECTAMOS DE LA RED?

En fase de proyecto se estudió la viabilidad de prescindir por completo de la conexión a red, a través de un cálculo de coste de ciclo de vida, de un sistema fotovoltaico aislado con baterías y un grupo electrógeno de apoyo, con diferentes tamaños de generador. Los resultados del estudio se ven en la Figura 1. Gracias al consumo casi nulo de la vivienda bajo estándar Passivhaus, y con una buena orientación e inclinación en cubierta para el generador, se calculó que con 5kWp (20 placas 250Wp) se necesitaría tan solo la aportación de un 2% del grupo electrógeno (durante los meses de invierno). Con un generador de 4kWp (16 placas), una aportación del 6% desde el grupo; y con un generador de 3,5kWp (14 placas), 10% del grupo. Esto se refleja en que el coste de ciclo de vida es menor para el sistema fotovoltaico aislado, comparado con la conexión a red. A pesar de estos resultados, se descartó la opción de un sistema desconectado de la red, debido principalmente al alto coste de la inversión inicial. La solución escogida se describe a continuación, con un análisis previo de los consumos previstos y el peso importante del ACS y sus pérdidas.

EL ACS, SUS PÉRDIDAS Y LA FACTURA ENERGÉTICA

Aún con un sistema de ACS bien diseñado, altamente aislado y correctamente ejecutado, las pérdidas siguen siendo importantes. Para demostrar esto, se ha realizado una serie de cálculos con el PHPP de la vivienda, para determinar las demandas, consumos (tomando en cuenta el rendimiento de la bomba de calor) y la factura energética. Para el

cálculo de la factura, el precio de la energía de la red se ha calculado en 0,21 €/kWh. Adicionalmente, se ha hecho un análisis de la demanda de ACS y las pérdidas por categoría.

Se aprecia que el consumo de ACS aparece como el segundo más importante, un 34 % del total. Respecto a la demanda de ACS y las pérdidas, tan solo un 33% se debe a la demanda, y 67 % a las pérdidas, con 44 % por la recirculación, 18 % por las tuberías individuales, y 5 % por el depósito. El consumo total anual previsto para ACS es de 1.764 kWh, siendo una media de 147 kWh/mes.

	Demanda [kWh/m2·a]	**Consumo [kWh/m2·a]**	**Consumo [kWh/a]**	**Factura [€/a]**	**Factura [% del total]**
Calefacción	9	6	1073	225 €	21%
Refrigeración	3	3	465	98 €	9%
ACS	27	10	1764	370 €	34%
Electricidad	10	10	1875	394 €	36%
TOTAL	**50**	**29**	**5176**	**1.087 €**	**100%**

Tabla I. Demanda, consumo y factura energética prevista por categoría, según el PHPP.

	kWh/m2·a	**%**
Demanda ACS	9	33%
Pérdidas: circuito re-circulación	12	45%
Pérdidas: tuberías individuales	5	18%
Pérdidas: depósito	1	5%
Demanda total ACS	**27**	

Tabla II. Demanda de ACS y pérdidas, según el PHPP.

PLANTEAMIENTO FINAL: FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO CON PRODUCCIÓN DE ACS

Se optó por un sistema que incorpora lo siguiente: un generador fotovoltaico con 12 módulos policristalinos de 265 W potencia nominal y una potencia pico de 3,18 kWp (Figura 2), con un inversor de 3kW. Los módulos están inclinados a 17º, orientados perfectamente a sur. El principal equipo de producción de ACS es una bomba de calor aire-agua de 6kW de potencia nominal, con un depósito de ACS de 500 litros, con una resistencia eléctrica de 3 kW (Figura 3). La producción de ACS es instantánea.

Hay un sistema de control que monitoriza el consumo de electricidad de la casa y la producción fotovoltaica (Figura 4), enviando excedentes de la producción que no se consume de manera instantánea, a la resistencia eléctrica en el depósito de ACS. La potencia de la resistencia se modula a través de un regulador de tensión, debido a que la potencia de salida del generador fotovoltaico varía continuamente según el nivel de radiación solar, y el excedente disponible depende del consumo de electricidad momentáneo de la vivienda.

Figura 1. Vista de la fachada sur de la vivienda.

Figura 2. Vista del generador fotovoltaico de 3,18 kWp.

Figura 3. Depósito de ACS con resistencia eléctrica de 3 kW.

Figura 4. Cuadro de control y domótica.

Los datos de monitorización disponibles al momento de redacción, para el mes de mayo 2018, muestran que se desvió 774 kWh de producción fotovoltaica a la resistencia eléctrica en el depósito de ACS. Lógicamente no se aprovechará el 100 % de esta energía, al menos de que al consumo de ACS sea igual o mayor. El consumo medio mensual se calcula entorno a los 147 kWh/mes. Esto implica que la desviación de producción excedente de la fotovoltaica al ACS es capaz de cubrir el 100% del consumo de ACS durante los meses de verano (Mayo – Septiembre). Durante el mismo mes de mayo se alcanzaron temperaturas superiores a 60ºC en el depósito de ACS gracias a la aportación de la fotovoltaica.).

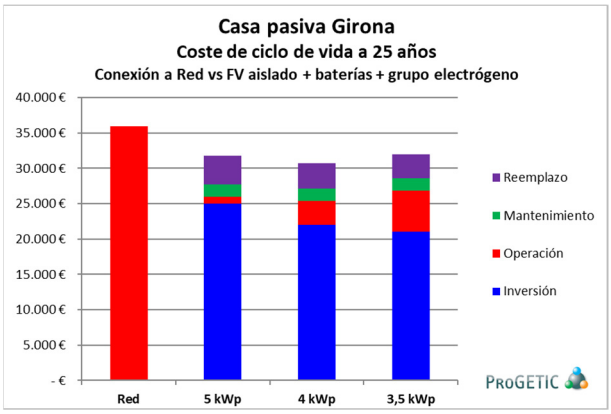


Figura 5. Coste de ciclo de vida de la desconexión de la red.

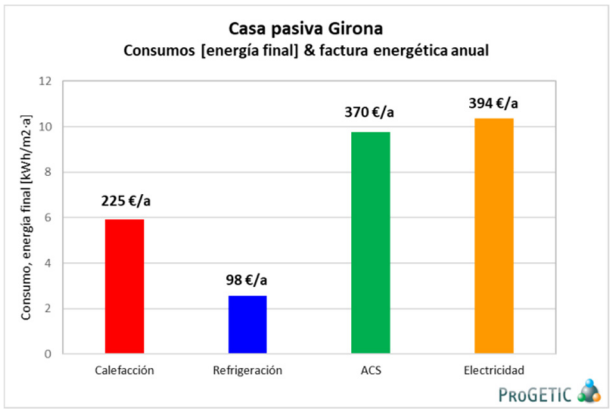


Figura 6. Factura energética prevista por categoría, según el PHPP.

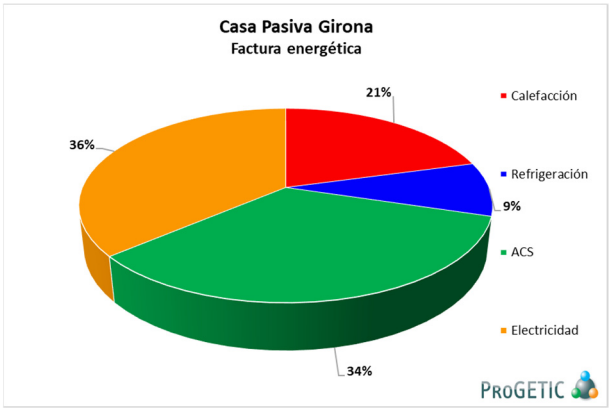


Figura 7. Factura energética prevista por categoría.

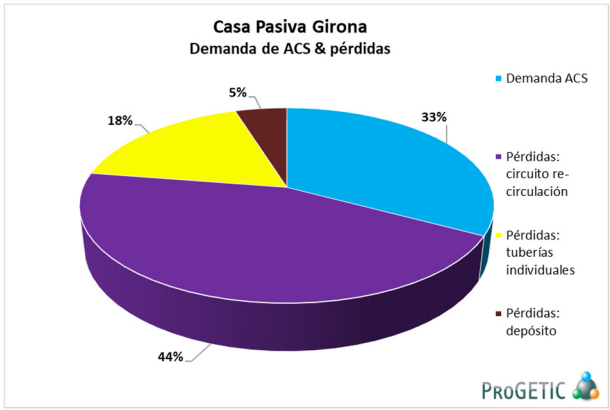


Figura 8. Demanda de ACS y pérdidas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Passivhaus se complementa muy bien con la generación de energía renovable in-situ mediante la fotovoltaica, y responde a la principal definición de un edificio de consumo casi nulo según la Directiva Europea 2010/31/EU, de un "edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto (…). La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno"[3]. A través del caso presentado, se aprecia lo siguiente:

- Es necesario prestar especial atención a los consumos de ACS en una Passivhaus, que suelen superar ampliamente los consumos de climatización.
- El importante peso de las perdidas en el sistema de ACS por recirculación requiere su control para que solo se recircule cuando hay ocupación.
- Con un generador fotovoltaico de autoconsumo de ~ 3kWp y buena orientación e inclinación, es posible cubrir gran parte del consumo de ACS durante los meses de verano con un sistema de este tipo. Si hay una sola bomba de calor para la producción de ACS y refrigeración, esto libera la bomba de calor de tener que producir calor para calentar agua en verano, dejándola para la producción de frío únicamente. La histéresis puede ser de unas 3 horas entre que produce calor a que produzca frío, cosa que puede incidir en el sobrecalentamiento de la vivienda.

- Asumiendo un precio de la electricidad de 0,19 €/kWh (restando 0,02 €/kWh para la parte proporcional de la potencia contratada), se puede estimar que el sistema descrito aquí genera un ahorro de unos 140 € en la producción de ACS durante los meses de verano para una vivienda unifamiliar.

REFERENCIAS

[1] Feist W. & Peper S., 2015, Energy efficiency of the Passive House Standard: Expectations confirmed by measurements in practice. Passive House Institute Dr. Wolfgang Feist, Darmstadt, Alemania

[2] Grant N. & Clarke A., 2010, The importance of hot water system design in the Passivhaus. Elemental Solutions, Hereford, Reino Unido.

[3] 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).

REPERCUSIÓN DE LA INERCIA TÉRMICA EN CANTO DE FORJADO CON FACHADA LIGERA Y FACHADA TRADICIONAL

Pablo Maroto Millán, Director Marketing, Knauf España y Portugal

Resumen: Comportamiento dinámico de un puente térmico mediante elementos finitos y comparándolo con el procedimiento de cálculo en base al coeficiente de transmitancia lineal que define la norma UNE-EN ISO 10211. Se toma el estudio de un puente térmico en frente de forjado para una solución de fachada aislante ligera denominada Passiv Light Wall System del grupo Knauf. El estudio permite conocer la repercusión de la inercia térmica del forjado de hormigón en los flujos de calor que se producen en periodo de invierno y en periodo de verano. En el primer caso este flujo tiene efecto sobre la demanda de energía de la vivienda, y en el segundo caso, sobre las condiciones de confort debido a sobrecalentamiento. Los resultados del análisis permiten tomar decisiones en la fase de desarrollo del proyecto.

Palabras clave: Aislamiento, Passivhaus, Fachada Ligera, Acústica, Inercia Térmica

INTRODUCCIÓN

El presente estudio analiza el comportamiento real de uno de los puentes térmicos más habituales en los edificios multifamiliares.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS SOMETIDOS A ESTUDIO

El sistema de fachada ligera que se ha sometido a estudio es una solución certificada a través del Passivhaus Institut con el certificado número 123cs04 para clima cálido, siendo la primera fachada ligera en la península con esta certificación con un espesor total de 35,6 cm consiguiendo una transmitancia térmica de 0,10 W/m^{2}K.

La fachada Passiv Light Wall System se compone de más de un 95% de aislamiento térmico, formada por placa cementicia Aquapanel, estructura metálica, placa de yeso laminado y aislamiento de lana mineral Naturoll 032. En el caso de este estudio, se ha dimensionado la fachada con un espesor de 29 cm para una una transmitancia térmica de 0,131 W/m^{2}K.

El sistema tradicional se compone de una hoja de fábrica de hormigón, sistema SATE a base de lana mineral Panel Plus y trasdosado interior con placa Knauf y lana mineral Ultracoustic. En total la fachada tiene un espesor de 36 cm consiguiendo una transmitancia térmica de 0,146 W/m^{2}K.Comparativamente la fachada ligera pesa un 75% menos y un 20% menos de espesor.

Figura 1. Sistemas de fachada sometidas a estudio.

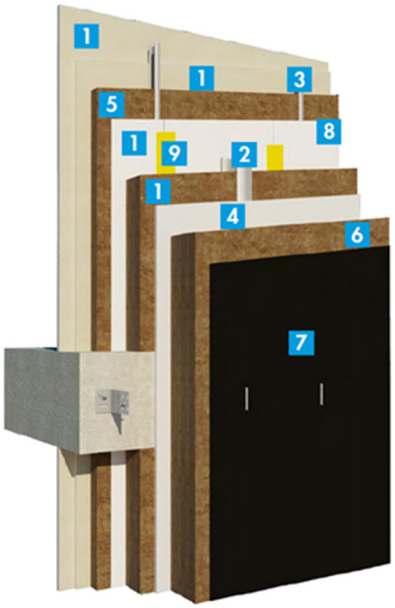
En el caso de la fachada ligera, se ha sometido a una corrección en la transmitancia térmica del cerramiento para tener en cuenta los puentes térmicos de la estructura metálica del sistema de fachada, aplicando una corrección de la conductividad térmica de la lana mineral, entre otros factores resultado de los ensayos realizados en el Área Térmica

del Laboratorio de Control de la Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco. Asímismo, el sistema de fachada ligera permite un refuerzo aislante en el frente de forjado para los diseños más exigentes. Este factor de corrección es del 13,8% quedando la transmitancia térmica en 0,152 W/m^{2}K. Este factor de corrección no se ha realizado en el sistema tradicional por no realizarse las mismas pruebas, no porque no pueda existir ese factor de corrección. Se ha preferido dejar el valor de cálculo teórico, como margen de seguridad adicional.

Las dos soluciones sometidas al estudio, no dejan de ser soluciones con un gran aislamiento térmico, con la diferencia del espesor y del peso.

Tal como se ha indicado anteriormente, en este estudio, la fachada Passiv Light Wall, se compone de varias capas de materiales para garantizar la estanquidad, así como optimizar el aislamiento en un espesor reducido de 29 cm.

Ambas soluciones, están diseñadas para poder soportar en la parte exterior una fachada ventilada o bien acabarlo con un sistema SATE. En el estudio se ha estudiado hasta el aislamiento exterior sin tener en cuenta la fachada ventilada ni los posibles acabados de mortero.



warm, temperate climate

ph B

CERTIFIED COMPONENT

Passive House Institute

Certificado 1236cs04

1- Placa Knauf Standard A 12,5 mm
2- Perfil Knauf Aquapanel GRC
3- Perfil Knauf PYL
4- Placa Knauf Aquapanel
5- Lana mineral Ultracoustic
6- Lana mineral Naturoll 032
7- Membrana Homeseal LDS 0,02 UV
8- Membrana inteligente Majrex
9- Banda adhesiva Sicrall Cinta Fentrim 20 de encuentro con forjado y muro

Figura 2. Composición fachada Passiv Light Wall del grupo Knauf.

METODOLOGÍA

En primer lugar, se han analizado los puentes térmicos de ambas soluciones de fachada a través del procedimiento de cálculo estacionario de la norma UNE-EN ISO 10211:2012, definida por el CTE DB-HE. Esto ha permitido una primera comparación mediante el coeficiente de transmitancia lineal (Ψ).

En segundo lugar, se han modelado ambos puentes térmicos mediante un software de dinámica de fluidos computacional (computational fluid dynamics, CFD) para simular su comportamiento dinámico. Los cálculos se han realizado para una climatología fría de la península, Burgos, y para un clima con doble condición frío-calor, como es Madrid. Se ha simulado con un time step de 15 minutos durante un periodo de 11 días de invierno y 11 días de verano. Como resultado, se han obtenido las temperaturas interiores y los flujos de calor de ambas soluciones de fachada. El análisis evalúa la incidencia de la inercia térmica de los materiales de fachada en las pérdidas de calor en invierno y en el confort térmico en verano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cálculo de la transmitancia térmica lineal: Ψ

Como punto de partida, se ha calculado la transmitancia térmica lineal, Ψ [W/mK], del puente térmico de frente de forjado tal y como establece el CTE, siendo los resultados siguientes:

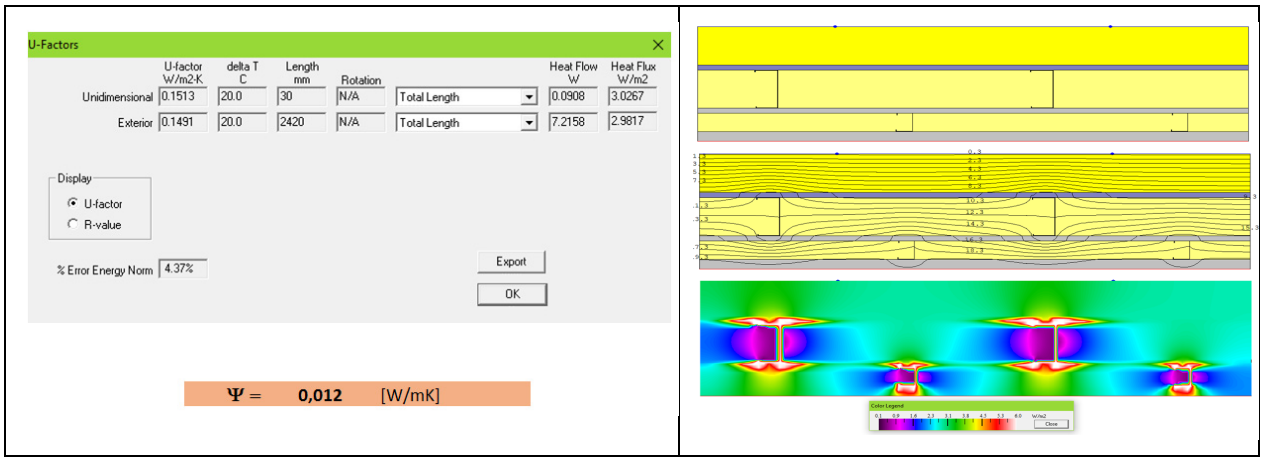


Figura 3. Puente térmico forjado con fachada Passiv Light Wall.

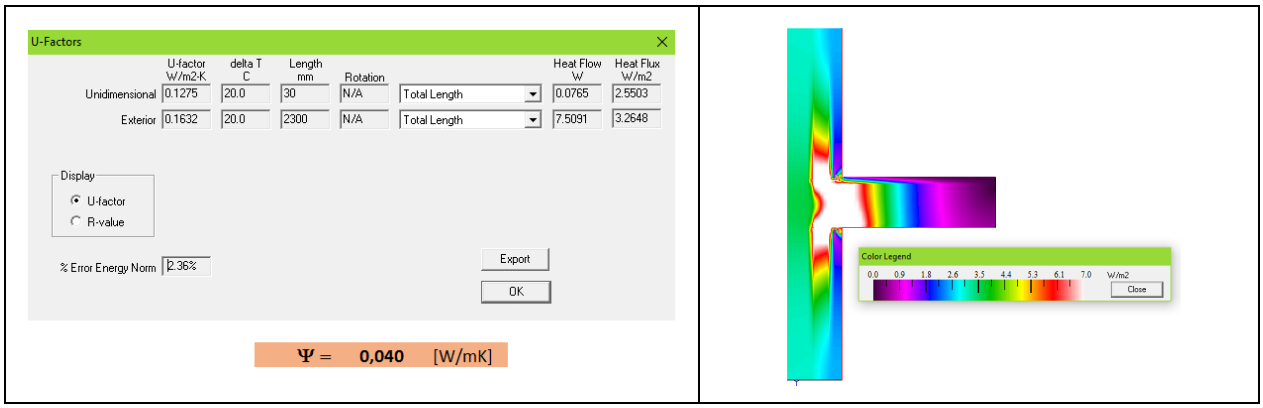


Figura 4. Puente térmico forjado con solcuión típica para passivhaus.

Cabe destacar que el puente térmico Ψ es un 70% menor en el sistema ligero, de 0,040 W/mK a 0,012 W/mK. Aunque ambas soluciones tienen valores de puente térmico muy reducidos, lo interesante es ver cómo afecta estos puentes térmicos en régimen dinámico, así como la propia inercia de ambas fachadas en los flujos de calor que se producen en periodo de invierno y en periodo de verano.

Cálculo del comportamiento dinámico CFD

Importancia de la inercia térmica en fachadas pesadas y ligeras

Sabemos que la inercia térmica, puede influir de manera importante en el confort de un recinto. No obstante, ¿en qué medida puede ser eficiente en cerramientos para EECN?

Un cerramiento ligero y un cerramiento pesado, diferentes en composición pero con un valor U similar, no tienen por qué comportarse térmicamente de la misma forma frente a las temperatura exteriores cambiantes, básicamente porque la capacidad de almacenamiento de energía que tienen ambos cerramientos está relacionada con la masa y el calor específico de los materiales que lo componen. De esta manera la transferencia de calor del exterior al interior y viceversa dependerá de los cambios de temperatura exterior-interior y de la propia energía almacenada en el

cerramiento. A más masa y calor específico, mayor será la modulación de la transferencia de calor entre el edificio y el aire exterior.

Esta aportación que puede ofrecer el cerramiento pesado puede ser interesante dependiendo del grado de modulación, que podemos definir según el amortiguamiento y el desfase que produzca. En verano puede ser un problema este desfase, si esa aportación de calor captada por todo el día, se transmite por la noche cuando la temperatura desciende, teniendo que ventilar para evitar que se sobrecaliente el recinto. En invierno, puede ser una ventaja esa transferencia de calor nocturna.

En los casos de edificios de energía casi nula EECN, o bien en los edificios con parámetros Passivhaus, donde la ventilación y refrigeración puede ser determinante en verano, la inercia térmica puede ser menos eficiente. En elementos ligeros con un gran aislamiento térmico, en zonas cálidas, no es tan obvio que la inercia térmica sea relevante, si tenemos en cuenta la combinación de una ventilación natural nocturna y una buena protección solar.

Estudio del comportamiento de ambas fachadas

Las dos fachadas se han simulado para dos climas diferenciados, Burgos y Madrid, tanto en invierno como en verano. Para poder visualizar el comportamiento de ambas soluciones frente a las condiciones cambiantes, se han seleccionado unos días tipo donde se muestran los flujos de calor en régimen dinámico a través del cerramiento con la contribución del puente térmico de canto forjado. Los resultados se muestran en la Figura 5.

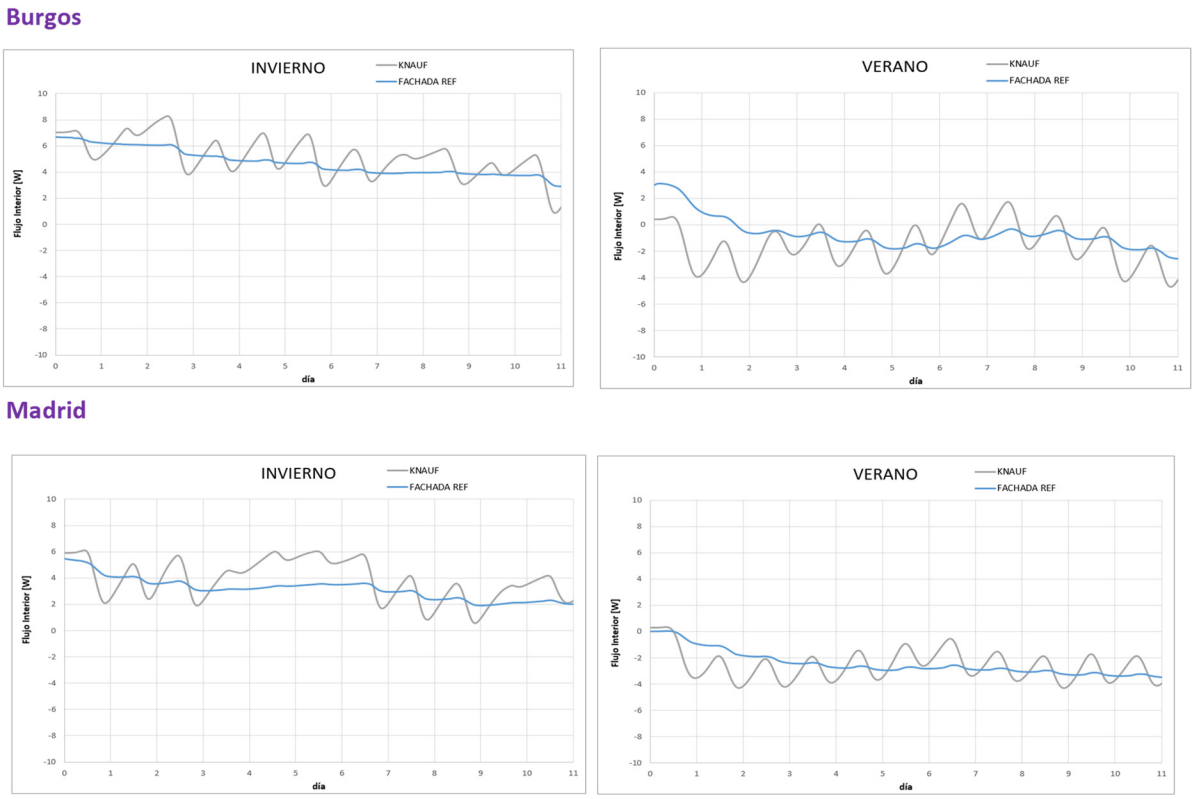


Figura 5. Flujo de calor de ambas fachadas en régimen dinámico zona Burgos y Madrid.

Se obtiene un comportamiento similar a nivel de flujos netos de calor intercambiados por la fachada para ambas soluciones. Pero si se analiza la temperatura interior de forjado, como se muestra en la Figura 6, para el caso de la fachada con hoja pesada, la temperatura es inferior para invierno y superior para verano respecto a la solución con fachada ligera. Esto tiene una repercusión importante, ya que en la simulación se ha considerado temperatura constante en el interior de la vivienda durante todo el estudio, siendo de 20°C para invierno y de 25°C para verano, lo que condiciona un poco el estudio. Es decir, para el caso del sistema con fachada pesada el comportamiento real para una vivienda con poca climatización, como es el caso de viviendas de bajo consumo, la temperatura interior de la

estructura seguiría descendiendo, absorbiendo más calor del interior de la vivienda, de la que la separa únicamente la capa de aislamiento trasdosada por el interior. Y para verano el proceso sería el inverso, la temperatura del interior de la fachada aumentaría con las ganancias diarias de soleamiento exterior y generaría un flujo hacia el interior que aumentaría la temperatura del ambiente de la vivienda. En el caso del sistema ligero, este efecto se reduce únicamente al forjado, ya que la hoja de fachada no presenta acumulación de calor.

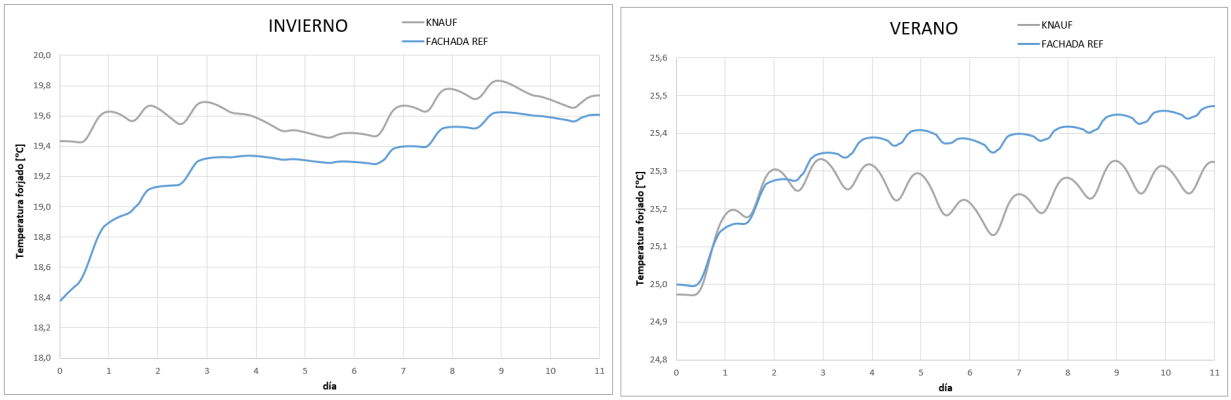


Figura 6. Temperatura media del forjado en verano e invierno para Madrid.

Para observar mejor el efecto mecionado, en la Figura 7 se muestran los perfiles de temperatura para las 12h del mediodía en un día tipo de invierno en Madrid. Se puede ver como en el sistema ligero la fachada está desacoplada del forjado, de forma que la onda de bajas temperaturas que viene de la noche no llega a atravesar el espesor de aislamiento y ya comienza a calentarse la fachada con la incidencia solar por el exterior. Sin embargo, en el sistema pesado, la fachada y el forjado están conectados térmicamente generando una contínuidad que toda la incercia térmica del edificio esté conectada, esto repercute en que la onda de bajas temperaturas llegue a atravesar el espesor total de fachada.

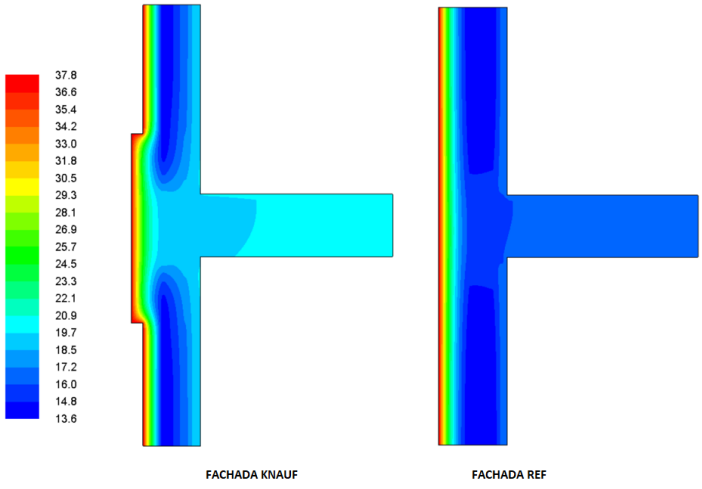


Figura 7. Perfiles de temperatura en las dos fachadas para las 12h de un día tipo de invierno en Madrid.

CONCLUSIONES

Los modelos actuales de cálculo de puente térmico bajo el paraguas normativo son en régimen estático, y por tanto es complejo determinar el comportamiento real de ese puente térmico en los cambios de temperatura exterior.

La tendencia de conseguir edificios de energía casi nula o bien con criterios de Passivhaus, hacen que las fachadas cada vez sean más aislantes haciendo que los puentes térmicos se manifiesten más si no están bien resueltos. A esta

situación hay que sumarle el estudio del efecto de la inercia térmica de la estructura del edificio y de la solución de la fachada. Como se ha podido ver en el presente documento, dicha inercia térmica puede actuar de forma inesperada acumulando calor durante el periodo de verano lo que generará un aumento de las temperaturas del interior de la vivienda y el consecuente disconfort o gasto en climatización. Y para invierno, el efecto se invierte, reduciendo la temperatura del ambiente interior y generando una mayor demanda de calefacción frente a la estimada en diseño si se consideran las herramientas de cálculo en condiciones estáticas. Una solución ligera de fachada, permite desacoplar la inercia de la estructura del edificio, lo que repercute en un mejor control de la climatización y consumos del edificio. Este análisis se ha obtenido para un tipo concreto de puente térmico, como es el caso del frente de forjado y con una configuración determinada de estructura de hormigón, y por tanto las conclusiones no pueden ser estrapoladas directamente a otras soluciones, sin realizar un estudio similar y específico de cada caso.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la ayuda por parte del Área Térmica del Laboratrio de Control de la Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco por el estudio matemático realizado, concretamente a: César Escudero Revilla**,** Doctor Ingenieria Térmica e ngeniero industrial y profesor en la EHU/UPV; y a Juan Mari Hidalgo Doctor Ingenieria Térmica y arquitecto, técnico del Laboratorio de Control de la Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco

REFERENCIAS

- Koldo Martín, César Escudero, Aitor Erkoreka, Iván Flores, José María Sala, (2012) “Equivalent wall method for dynamic characterization of thermal bridges” Energy and Building, Vol. 55, pp. 704-714.
- Koldo Martín, Alvaro Campos, César Escudero, Iñaki Gómez José María Sala, (2012) “Analysis of a thermal bridge in a guarded hot box testing facility” Energy and Building, Vol. 50, pp. 139-149.
- Passive House Planning Package 2012 por Feist W., Pfluger R., Schnieders J., Kaufmann B., Kah O., Krick B., Ebel W., Bastian Z.
- Guia del estándar Passihaus. Edificios de consumo energético casi nulo. FENERCOM
- Passive House in different Climates. The Path to Net Zero. Mary James and James Bill
- https://passivehouse.com/ 2018
- http://www.knauf.es/sistemas/fachada/fachada-ligera-passivhaus.html

CUBIERTA AJARDINADA EN EL HOTEL GF VICTORIA DE TENERIFE

Javier Teso, TM Roofing Manager, Sika España

Resumen: El nuevo hotel GF Victoria se levanta en el municipio de Adeje en Tenerife. Impermeabilizaciones Machado ha realizado la impermeabilización y el montaje de las cubiertas ajardinadas, dentro de la construcción realizada por Explotaciones Santonel, del grupo Fedola. Estas cubiertas ajardinadas son actualmente las más inclinadas de toda Europa, y han supuesto un reto de ingeniera para abordar las complicaciones constructivas que presentaba.

Palabras clave: Impermeabilización, Cubiertas, Ajardinadas

PRESENTACIÓN

En total se trabajó en aproximadamente 1000 m², repartidas en tres cubiertas con pendientes variables, con una media de inclinación de 40 grados (llegando incluso a 48 grados en algunos paños de cubierta), también cuenta con terrazas ajardinadas de inclinación inferior a 10 grados de pendiente y fosos reforzados para plantaciones de mayor porte. Todos estos elementos configuran una cubierta increíble y única en el archipiélago.

Para la impermeabilización se optó por el sistema SIKA GOLDEN PACKAGE con SARNAFIL TG 66-18, elegido por su resistencia a raíces y por su largo tiempo de vida útil (garantía extendida a 20 años por SIKA). La cubierta se completó haciendo uso de los diferentes sistemas de ajardinamientos de ZINCO, escogidos en función de la pendiente y de los requerimientos de la vegetación.

Figura 1. Imagen Hotel GF Victoria de Tenerife.

EL RETO DE LAS CUBIERTAS INCLINADAS

El reto de estas cubiertas reside en poder contener todo el sistema: impermeabilización, mantas de absorción, sustrato, sistemas de riego y plantación, etc., soportando las tensiones producidas por la inclinación y el peso de todos los elementos.

Elección de la lámina SARNAFIL TG 66-18

En este tipo de cubiertas, se necesita anclar la lámina impermeable al soporte para evitar deslizamientos debido a la inclinación; lo ideal hubiera sido optar por usar la lámina con armadura de poliéster SARNAFIL TS 77-18 en combinación con las fijaciones SARNAFAST tornillo SBF y la placa de reparto SARNAFAST WASHER IF/IG-C. No obstante, dicha lámina impermeable no estaba documentada ni ensayada para funcionar como lámina anti-raíz.

Así pues, se optó por una solución constructiva alternativa, usando la lámina SARNAFIL TG 66-18, que aporta el sistema anti-raíz documentado y ensayado por SIKA.

Como la armadura de vidrio de esta lámina impermeable no soporta las tensiones a desgarro de las fijaciones SARNAFAST tornillo BSF + placa de reparto SARNAFAST WASHER IF/IG-C, se optó por anclar la lámina impermeable al soporte con SIKA SARNABAR y el CONDON DE SOLDADURA T SIKA. Esto garantiza la sujeción de todos los elementos a la cubierta, y evita el desgarro de la misma, ya que la instalación se hizo de tal manera que cada paño individual de la lámina se colocó en sentido perpendicular a la máxima pendiente y la parte superior de cada paño individual se ancló al soporte con el perfil SARNABAR de SIKA, soldando en la parte de arriba el CORDON T de soldadura de SIKA.

Figura 2. Cubierta ajardinada con pendientes variables, Instalación de la lámina SARNAFIL TG 66-18.

Descripción técnica de la unidad de obra

Impermeabilización de cubierta inclinada con sistema SARNAFILTG 66-18 (Garantía SIKA de 20 años)

- Colocación de una capa separadora geotextil de 300 gr/m² de polipropileno, SARNAFELT A300, solapado.
- Colocación de una lámina impermeable de altas prestaciones, de poliolefina flexible (FPO), SARNAFIL TG 66- 18, de SIKA de 1.8 mm de espesor, armada interiormente con un fieltro de fibra de vidrio, resistente a raíces según ensayo FLL, calidad intemperie.
- La lámina se instalará en el suelo de la superficie inclinada, y será fijada mecánicamente respecto al soporte usando perfiles SARNABAR, instalados en sentido contrario a la corriente, posicionados paralelamente cada 2 metros, y sellados posteriormente con SARNAFIL T CORDON DE SOLDADURA.
- El solape se realizará cubriendo los perfiles SARNABAR, dejando una banda de solape libre para la soldadura posterior.
- La soldadura de los solapes se realizará con maquinaria de soldadura autorizada, previa activación de la soldadura con SARNAFIL T PREP.
- Durante la realización de los trabajos y antes de la protección de la impermeabilización, SIKA procederá al control de la instalación, a fin de poder emitir la garantía correspondiente.

Cálculo del sistema de anclaje para Cubierta Jardín

Un reto fue calcular y dimensionar donde se deberían situar las barreras de retención que van a soportar las tensiones de la cubierta ajardinada. Para contener el deslizamiento de elementos de la cubierta ajardinada que están por encima de la impermeabilización se utilizan las barreras de retención en combinación con los elementos georaster.

La barrera de retención está compuesta de soportes antiempuje Zinco LF300, de acero inoxidable, que soportan 300 Kg/ud, en combinación con los perfiles Zinco TRP80 de acero inoxidable.

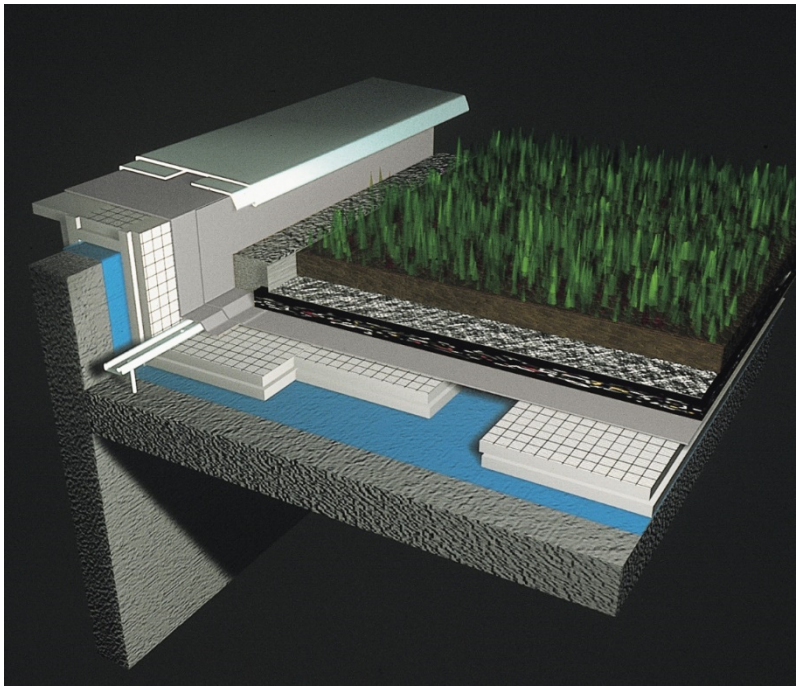


Figura 3. Esquema del sistema.

En el cálculo del posicionamiento de las barreras de retención intermedias se ha tenido en cuenta: el peso de los 12 centímetros de sustrato (180 kg/m²) y el ángulo de inclinación de cada paño (las cubiertas inclinadas presentan pendientes variables, que van desde los 30º hasta los 48º, con una media de 40º de inclinación).

Además, se ha tenido en consideración que algunas líneas de cambios de pendiente no eran perpendiculares a la máxima pendiente de la cubierta, siendo esto un factor de riesgo ya que las barreras de retención están calculadas para ser instaladas perpendiculares a la máxima inclinación.

Figura 4. Proyección de la situación de los elementos antiempuje.

¿Cómo se resolvieron los puntos singulares de cada soporte antiempuje Zinco LF300?

Los soportes antiempuje de acero inoxidable se componen de 2 piezas: la placa base y el brazo. Primero se marca con tiralíneas la posición de la hilera de soportes, después se presenta la placa base, se marca y se corta la lámina SARNAFIL TG 66 - 18 y el geotextil SARNAFELT A-300.

Después se coloca la placa base y se atornilla directamente al forjado de hormigón, se suelda un parche de lámina impermeable sobre la placa base para que lo cubra en su totalidad, se añade la junta que tiene el soporte y el brazo, y se suelda otro parche de lámina impermeable encima.

En estas cubiertas se aplicaron: más de 700 soportes antiempuje LF300, 2.100 tornillos y 1400 parches.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS SISTEMAS DE LAS CUBIERTAS AJARDINADAS DEL HOTEL GF VICTORIA

Instalación de los elementos que albergan la cubierta Jardín con pendientes variables con una media 40 grados de inclinación.

Breve descripción de unidad de obra

- (A) Colocación de manta de retención de agua de nutrientes Zinco WSM150 (retención de agua 12 l/m²).
- (B) Colocación de Manta autoadhesiva Zinco SM-R, para protección de impermeabilización en parapetos.
- Colocación de Perfil de acero inoxidable Zinco TRP80, apoyado sobre los soporte antiempuje Zinco LF300.
- (C) Colocación de elementos de retención, Zinco Georaster.
- Extendido del Sustrato, Zincoterra Jardín, formulado especialmente en función de la vegetación elegida y la inclinación de la cubierta.
- Primera fase de consolidación del sustrato hasta que las plantas enraícen, para evitar la erosión en superficie, usando para tal fin un estabilizante orgánico biodegradable, en base de endospermo de semillas puras naturales. Este tratamiento mejora la consistencia del sustrato, sin afectar a la permeabilidad del mismo, y aportando nutrientes para la vegetación.
- Segunda fase de estabilización final de la superficie del sustrato, para evitar la erosión en superficie, mediante colocación de malla de fibra de coco, anclada al soporte.
- (D) Instalación de riego.
- (E) Plantación.

Figura 5. Finalización de cubierta ajardinada inclinada.

Diseño del montaje de riego

El montaje de riego se diseñó para mantener húmeda la capa de sustrato y contrarrestar la climatología local que es cálida y seca, instalado 2 sistemas de riego por cada cubierta:

Un primer sistema con tuberías con goteros integrados autocompensantes en presión y caudal, colocados a 30 cm de distancia, que consistía en 3 circuitos de riego: uno para regar la parte más baja de la cubierta (de menor caudal de riego), otro para la parte media de la cubierta (caudal medio) y otro para la parte alta de la cubierta (de caudal mayor que los anteriores). Este diseño mantiene las consignas de caudal y tiempo de riego con el objetivo de aportar un caudal constante en cada cubierta y un reparto uniforme.

Un segundo sistema de riego por aspersores para mantener el frescor en la superficie de las plantas.

Diseño de la plantación

La ubicación de esta obra, tiene la particularidad de una alta insolación con lo que las plantas para la cubierta ajardinada tuvieron que ser elegidas para aguantar bien el pleno sol. Otro elemento a tener en cuenta es el ahorro de agua, para optimizar el gasto de agua en el riego se optó por vegetación de baja demanda hídrica.

De este modo, se eligió una plantación con:

- Plantas aromáticas: curry, lavanda stoechas, lavanda angustifolia, lavanda dentada, tomillo, romero y gaura.
- Planta canaria del mismo piso bioclimático: romero marino, tabaiba dulce, siempreviva, aeonio, urbicum, alagoppapus dichotomus.
- Para los perímetros y pasillos transitables se optó por la Lippia nodiflora, ya que es una planta tapizante con tallo postrado de bajo porte, de rápido crecimiento y alta capacidad de enraizamiento, y de gran resistencia a la pisada.

Descripción técnica de la unidad de obra

- Colocación de manta protectora y de retención de agua de nutrientes Zinco WSM150 (retención de agua 12 l/m²).

- Colocación de placa para retención de agua y formación de cámara de aire debajo del sustrato con FLORADRAIN FD 40E.
- Colocación con lámina filtrante ZINCO FILTRO SF.
- Extendido de Sustrato Zincoterra Jardín.
- Instalación de montaje de riego.
- Plantación.

Diseño del montaje de riego y diseño de la plantación

El diseño y montaje del riego, así como del diseño de la plantación han sido similar al de las cubiertas inclinadas.

Descripción técnica de la unidad de obra

Dentro de los fosos de hormigón integrados dentro de las cubiertas.

- Colocación de perfil TRP80 en perímetro superior del foso, y colocación de banda de lámina impermeable SARNAFIL TG66-18, instalado para desviar el agua por correntía de la cubierta y evitar que ésta caiga dentro del foso y sobrecargue de agua en los desagües de la jardinera.
- Instalación de la Impermeabilización con la lámina SARNAFIL TG66-18, incluso instalación de dos SUMIDEROS FPO 90 y 110.
- Anclaje de perfil SIKA SARNABAR en los encuentros pared-pared y pared-suelo.
- Colocación de dos mantas Zinco WSM150 (1500 g/m² de polipropileno), para protección de la impermeabilización en foso.
- Colocación de lámina protectora ELASTODRAIN 202 en el suelo del foso, para amortiguar el elevado peso de la jardinera metálica.
- Jardinera metálica.
- Colocación de manta protectora y de retención de agua de nutrientes Zinco WSM150 (retención de agua 12 l/m²) en el suelo de la jardinera.
- Colocación de placa para retención de agua y formación de cámara de aire debajo del sustrato con FLORADRAIN FD 40E.
- Extendido de grava.
- Colocación con lámina filtrante ZINCO FILTRO SF.
- Extendido de Sustrato Zincoterra Jardín.
- Instalación de montaje de riego.
- Plantación de CYCA REVOLUTA.

ENVOLVENTE LIGERA DE HORMIGÓN LIBRE DE PUENTES TÉRMICOS

Celia Zorzano Gonzalo, Arquitecto, Insupanel
Pedro Pablo Zorzano Gonzalo, Arquitecto Técnico, Insupanel
David Zorzano Gonzalo, Arquitecto, Insupanel
Juan Zorzano Gonzalo, CEO, Insupanel

Resumen: Se mostrará una solución constructiva a partir de un prefabricado ligero de hormigón de 7 cm de espesor en diferentes acabados; texturas, ladrillo caravista, que ha sido merecedor de un proyecto europeo dentro del marco H2020-SMEInst 2016-2017 con el título de proyecto "Building the green way: wide take-up of a versatile, proven, energy and cost efficient insulation technology". El sistema ha obtenido: Certificación como componente por el Passivhaus Institut para clima cálido templado, DAP declaración Ambiental de Producto, y ha sido utilizado en la construcción de edificios de energía casi nula bajo el estándar Passivhaus en España.

Palabras clave: Puente Térmico, Prefabricado Hormigón, Europa

INTRODUCCIÓN

La solución constructiva que se presenta es fruto de un proyecto de investigación que se materializó en dos fases ante la Comisión Europea dentro del programa H2020-SMEINST-2016/2017 de una solución constructiva ya madura.

Después de obtener las ayudas a través de un instrumento PYME Fase 1, analizamos una nueva fase de trabajo para confirmar la viabilidad técnica, comercial y financiera de INSUPanel. Para este desarrollo fue fundamental el apoyo del canal Enterprise Europe Network y la Agencia de Desarrollo Económico de La Rioja (ADER) y finalmente se continuó el desarrollo de escalado en una fase 2 a través de las ayudas propuestas por la Comisión Europea.

Figura 1. Logos de la Comisión Europea y la Agencia de Desarrollo Económico de La Rioja.

PLACA Y ANCLAJE

En la construcción actual de edificios en altura de gran eficiencia energética la parte más complicada de resolver es la eliminación de puentes térmicos que se producen en el perímetro de los forjados. Se ha diseñado una envolvente de placa ligera de hormigón que permite separarse de la estructura para proteger las caras de los forjados con todo el aislamiento que sea necesario. Las placas se fijan a la estructura por medio de varios anclajes térmicamente eficientes que nos permiten obtener una fachada con pérdidas de energía mínimas.

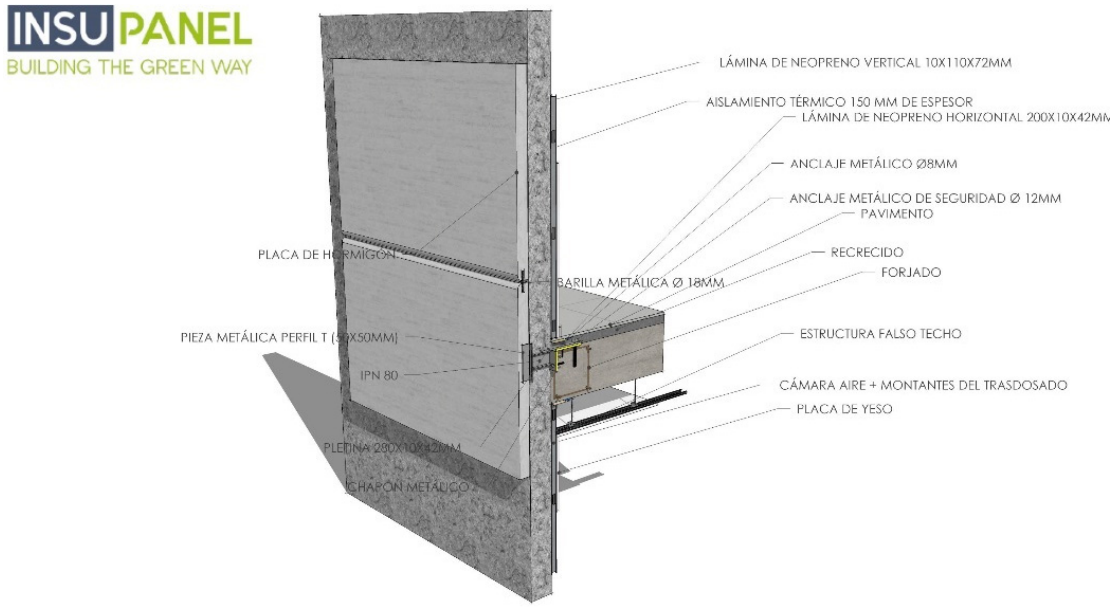


Figura 2. Detalle constructivo de placa y anclaje.

CÁLCULOS HIGROTÉRMICOS

Con el programa informático ECONDENSA hemos realizado las simulaciones de las posibles condensaciones a lo largo de todos los meses del año. Uno de los mayores problemas que puede suceder en un EECN, es la acumulación de humedad en el interior de sus muros, ya que al tener una gran hermeticidad sino se ha realizado bien la ventilación se corre el riesgo de sufrir este tipo de patologías. En la figura 3 se muestra la ausencia de condensaciones en el mes más frio (enero).

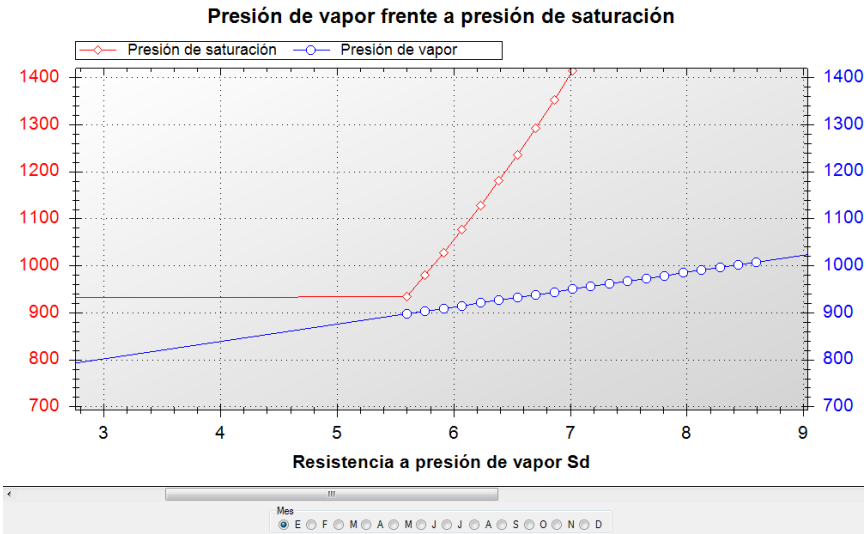


Figura 3. Resistencia a presión de vapor en el mes de enero.

CÁLCULOS TÉRMICOS

Para conocer la calidad de las soluciones constructivas con INSUPANEL se realizaron diferentes detalles constructivos que posteriormente se introdujeron en el programa informático FLIXO. En la simulación se especifica cada material

con su conductividad térmica, así como las condiciones interiores y exteriores de temperatura y humedad. Con toda la información introducida se conocen las pérdidas de energía, transmitancias globales, puntos fríos y demás datos de confort.

En un frente de forjado tipo con fachada de ladrillo el puente térmico existente es de 1,1 W/mK, con la solución de INSUPANEL logramos 0,023 W/mK, es decir reducimos la pérdida de energía hasta un 98%. Si estos datos lo multiplicamos por todos los metros lineales de canto de forjado que existen en un edifico en altura, el ahorro de perdida de energía muy importante.

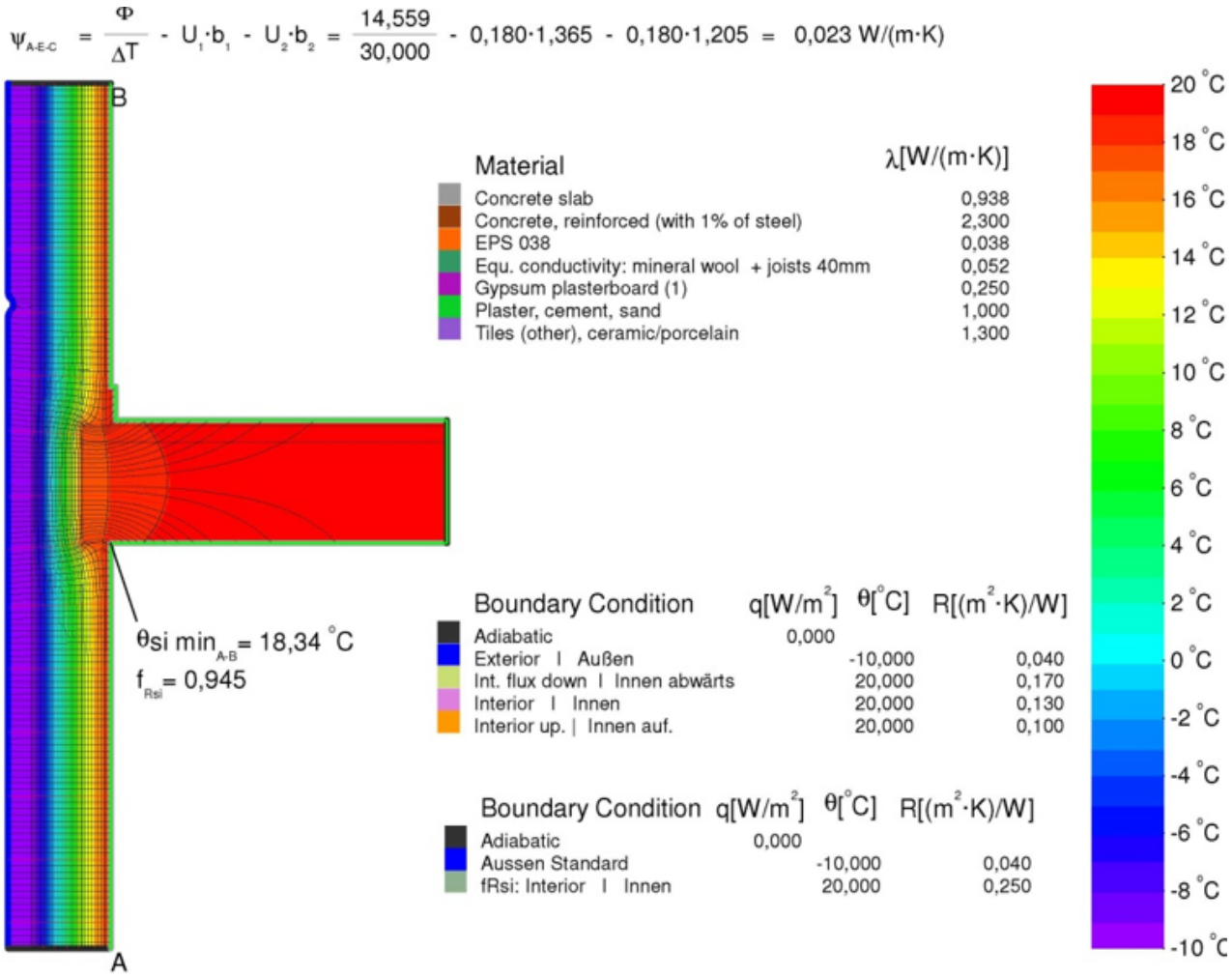
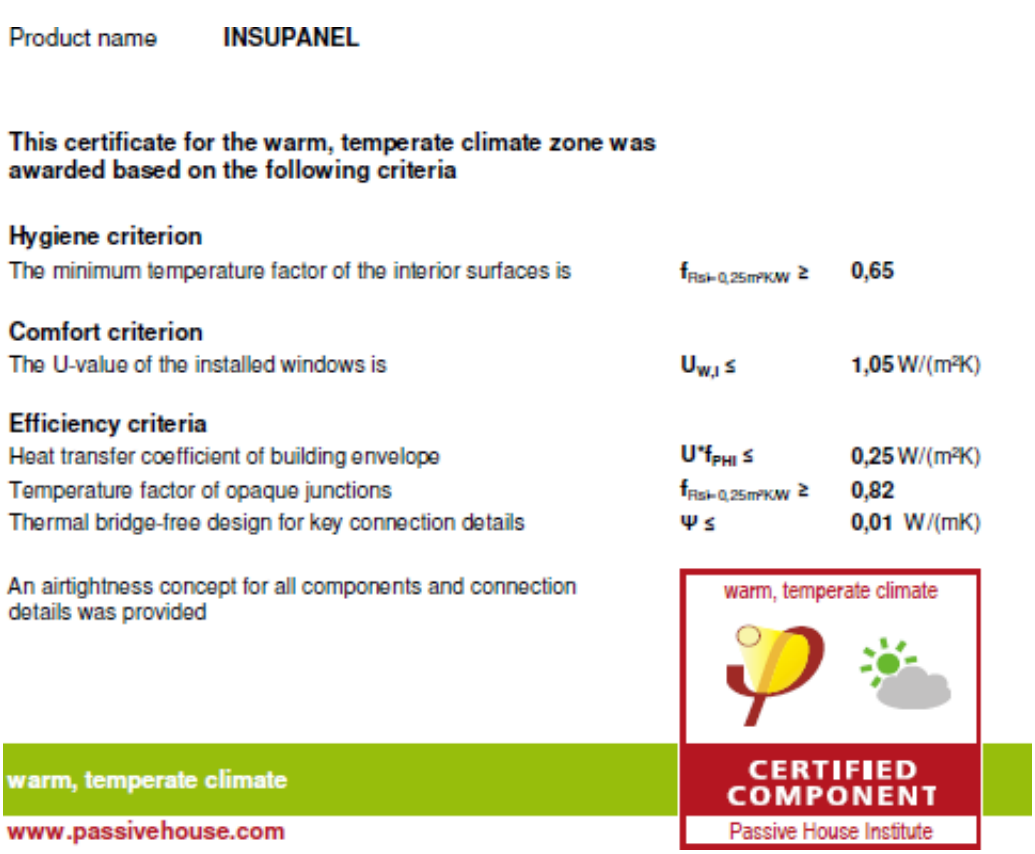


Figura 4. Puente térmico en el encuentro de fachada y forjado.

CERTIFICADOS

Para verificar la calidad de las soluciones constructivas propuestas se realizó un compendio de detalles constructivos analizando sus condiciones térmicas, higrotérmicas y herméticas, que el Passivhaus Institut superviso y verifico.

Así INSUPANEL obtuvo la Certificación como Componente Passivhaus. Siendo este uno de los estándares de construcción eficiente más reconocidos, por su exigencia en materia de eficiencia, salud y confort.


Product name **INSUPANEL**

This certificate for the warm, temperate climate zone was awarded based on the following criteria

Hygiene criterion

The minimum temperature factor of the interior surfaces is $f_{Rsi=0,25m^2K/W} \geq$ **0,65**

Comfort criterion

The U-value of the installed windows is $U_{W,I} \leq$ **1,05** W/(m²K)

Efficiency criteria

Heat transfer coefficient of building envelope	$U^*f_{PHI} \leq$	**0,25** W/(m²K)
Temperature factor of opaque junctions	$f_{Rsi=0,25m^2K/W} \geq$	**0,82**
Thermal bridge-free design for key connection details	$\Psi \leq$	**0,01** W/(mK)

An airtightness concept for all components and connection details was provided

Figura 5. Certificado de componente por el Passivhaus Institut.

CONCLUSIÓN

Ante los retos que plantean los nuevos tiempos en el sector de la construcción, que va dirigiéndose hacia la construcción de Edificios de Consumo Casi Nulo, es necesario un cambio en la forma de proyectar, construir y utilizar los edificios. Para ello deben surgir nuevos procesos en el diseño observando otras soluciones capaces de reunir los requisitos de calidad y excelencia exigidos a los edificios. Uno de estos cambios son soluciones constructivas que se adaten a las nuevas necesidades planteadas.

ACUMULADOR ACS TERMODINÁMICO SOBRE AIRE DE EXTRACCIÓN ACOPLADO A PANEL FOTOVOLTAICO

Damien Labaume, Responsable Departamento I+D, ALDES
Serge Buseyne, Responsable Proyectos Investigación, ALDES
Fabien Bertrand, Responsable Regulación, ALDES
Miguel Lautour, Responsable Marketing, ALDES

Resumen: Aldes ha acoplado un calentador de agua termodinámico sobre aire extraído a un panel fotovoltaico, para alimentar eléctricamente la bomba de calor utilizando el depósito de agua caliente para almacenar esa energía utilizando un compresor de velocidad variable inverter, capaz de modificar su velocidad en función de la energía aportada por el panel fotovoltaico según el nivel de radiación solar. Se ha monitorizado 2 obras en el Suroeste de Francia midiendo las ganancias, captando con precisión los consumos de agua caliente sanitaria. Los resultados obtenidos son muy interesantes permitiendo dividir el consumo eléctrico por 5 con relación a un calentador de agua termodinámico y por 15 en relación a un calentador de agua eléctrico.

Palabras clave: ACS, Acumulador Termodinámico, Aire Extraído de Ventilación, Panel Fotovoltaico, COP, Eficiencia Energética, EECN

INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta las limitaciones medioambientales y el coste importante de la energía, es necesario reducir el consumo de las distintas instalaciones que equipan una vivienda. Las potencias instaladas de los sistemas de calefacción en la vivienda se han visto reducidas considerablemente, en particular gracias a la utilización de nuevos materiales de aislamiento, la colocación de cristales adaptados, y la disminución de los puentes térmicos en la construcción del edificio.

Del mismo modo, la demanda energética ligada a la instalación destinada a la ventilación de la vivienda se ha visto considerablemente reducida utilizando sistemas de ventilación doble flujo, permitiendo recuperar las calorías del flujo de aire extraído para trasladarlas al flujo de aire impulsado o utilizando sistemas de ventilación modulada, cuyo funcionamiento está limitado a las necesidades reales y función, por ejemplo, de la tasa de humedad en el interior de la vivienda. Se observa en la actualidad, en las casas de tipo "bajo consumo", que la instalación destinada a la producción de agua caliente sanitaria es la que consume la mayor energía. Es por lo tanto necesario reducir la demanda energética de este tipo de instalación.

Para conseguir este objetivo, es bien conocido el uso de una instalación de producción de agua caliente sanitaria equipada con un calentador de agua que incluye un depósito en cuyo interior se almacena un fluido a calentar, así como un sistema de ventilación mecánica controlada destinado a extraer el aire de una vivienda. El sistema de ventilación mecánica controlada está acoplado a un circuito termodinámico dentro del cual circula un fluido refrigerante, el circuito termodinámico que incorpora un evaporador dedicado para intercambiar calor con el aire extraído, un compresor, una válvula de expansión y un condensador dedicado para el intercambio de calor con el fluido contenido en el depósito.

Para ello, Aldes ha desarrollado un calentador de agua termodinámico sobre el aire extraído. Este equipo funciona utilizando las calorías del aire extraído para hacer funcionar la bomba de calor. Este producto permite reducir por 3 los consumos de energía en comparación con un calentador de agua eléctrico.

Con el desarrollo de las energías renovables, es corriente hoy en día equipar los edificios de paneles fotovoltaicos para reducir el consumo de energía de estos últimos. Con el objetivo de no perturbar las redes eléctricas, se recomienda encarecidamente autoconsumir la energía producida.

¿Cómo utilizar esta energía renovable transformándola en agua caliente sanitaria?

EL PROYECTO

Respeto a los calentadores de agua termodinámicos con compresor de velocidad constante, se puede alimentar estos productos por un panel fotovoltaico. En este caso, el compresor funcionará de forma autónoma cuando la energía proporcionada por el panel sea superior a su consumo mínimo.

Cuando la radiación solar no es ideal (cielo nublado, lluvia, etc.), el funcionamiento basado únicamente en la corriente suministrada por el panel no está garantizado. La potencia suministrada por el panel está situada muy a menudo por debajo de la energía necesaria para el funcionamiento del compresor.

En este caso, o bien se para la instalación de manera automática, o bien se pasa al uso de un complemento de alimentación desde la red eléctrica.

Tal funcionamiento genera un consumo no optimizado de energía por el compresor.

Si se desea utilizar únicamente la energía proporcionada por el panel fotovoltaico, el compresor funcionará únicamente en modo marcha o paro, lo cual no permitirá garantizar la vida útil de los compresores.

Para ir más lejos en lo referente a la eficiencia energética, Aldes ha trabajado en el acoplamiento de la solución de calentador de agua termodinámico con un panel fotovoltaico. En efecto, la idea es aprovechar la energía solar para alimentar eléctricamente la bomba de calor y utilizar el depósito de agua caliente para almacenar esa energía.

MATERIAL & MÉTODO

La innovación de Aldes se basa por lo tanto en una instalación de producción de agua caliente sanitaria utilizando un compresor de velocidad variable, capaz de modificar su velocidad en función de la energía que le proporciona el panel fotovoltaico. De esta manera, su velocidad de rotación puede ser modulada o ajustada en función de la energía solar recibida.

Figura 1. Acumulador T. Flow® sobre aire extraído acoplado a panel fotovoltaico.

La utilización de un compresor de velocidad variable, generalmente llamado compresor de tipo "inverter" permite ajustar la potencia suministrada en función de la energía recibida por el panel, con el fin de garantizar el buen funcionamiento de la instalación sin recurrir a la energía de la red eléctrica. Es así como, por ejemplo, una reducción de la energía proporcionada por el panel fotovoltaico se traduce en una disminución de la velocidad del compresor. El ajuste de la velocidad del compresor permite hacerlo funcionar a baja velocidad cuando hace poco sol, de tal modo que el consumo de energía sea igual al producido por el panel y, viceversa, cuando hace mucho sol.

EL FUNCIONAMIENTO

Compresor de velocidad constante

La figura 2 representa el comportamiento de un compresor de velocidad fija (técnica usual) alimentado por un panel fotovoltaico. C1 corresponde a su consumo mínimo de arranque. El compresor funciona por lo tanto entre T1 y T2, alimentado únicamente por la corriente suministrada por el o los paneles fotovoltaicos. Fuera de este rango, deberá estar alimentado por la corriente del sector para que poder funcionar. Es por ejemplo el caso entre T2 a T3 si el sistema no ha alcanzado su temperatura de consigna antes de T2. C1 corresponde a su consumo.

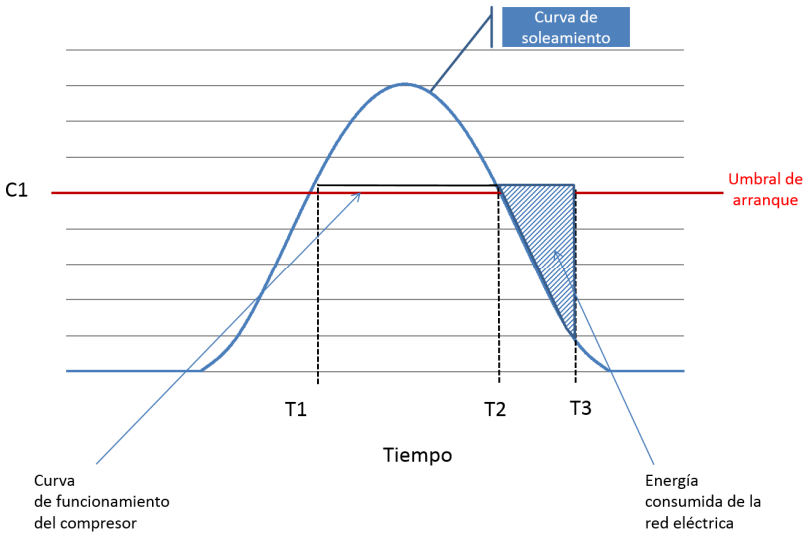


Figura 2. Curva de funcionamiento de un compresor de velocidad constante.

Compresor “inverter”

La figura 3 representa el comportamiento de un compresor de velocidad variable " inverter" alimentado por un panel fotovoltaico.

Su umbral de arranque C3 es muy inferior al de un compresor de velocidad constante de la misma potencia nominal. El compresor de velocidad variable va a adaptar su velocidad y por lo tanto su consumo a la energía recibida por el o los paneles fotovoltaicos.

La energía proporcionada va a variar en función de la radiación solar. El compresor funcionará de T'1 a T'2, alimentado únicamente por el o los paneles fotovoltaicos. El período de funcionamiento es muy superior al de un compresor de velocidad constante. La energía proporcionada por el compresor será más elevada que con el compresor de velocidad constante para un mismo día con el mismo nivel de radiación solar.

Su consumo va a variar de C3 a C4, de forma escalonada en función de la radiación solar. Se optimiza por lo tanto el consumo.

La medición de la temperatura del fluido en el depósito permite obtener información sobre el estado de almacenamiento de agua caliente sanitaria y permite optimizar el tiempo, así como la velocidad de funcionamiento del compresor en relación con la corriente suministrada por el panel fotovoltaico.

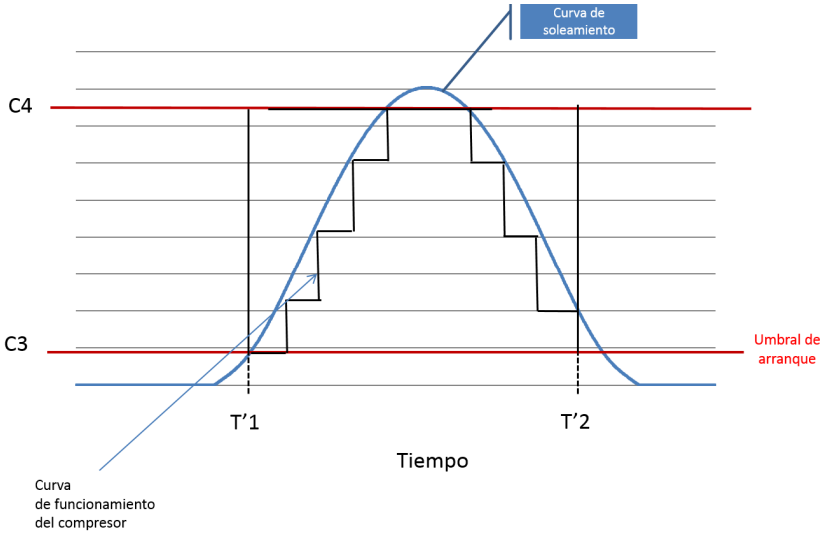


Figura 3. Curva de funcionamiento de un compresor de velocidad variable.

Otra ventaja de la innovación de Aldes es ser capaz de producir agua caliente por encima de la temperatura de consigna cuando la energía proporcionada por el panel está disponible con el fin de almacenar más energía en el acumulador.

La regulación

La regulación del sistema está optimizada para utilizar la totalidad de la producción solar a través del sistema de acumulador de agua caliente termodinámico sobre aire extraído.

La regulación funciona del siguiente modo, se mide permanentemente la producción solar, una lógica de distribución de energía entre el sistema de ventilación, la resistencia eléctrica, y el sistema termodinámico (compresor + inverter) permite utilizar la totalidad de la corriente suministrada por la instalación fotovoltaica en cada momento.

Técnicamente, la energía solar producida por el/los panel/es alimenta en prioridad el ventilador, el excedente de energía alimenta el compresor si la regulación del acumulador solicita la activación del sistema de producción de agua caliente, en este caso, la velocidad de rotación del compresor " inverter" depende de la energía solar disponible. Por último, si se dispone de un remanente de energía solar (el consumo del compresor es inferior a la energía solar producida), este último se utiliza para alimentar la resistencia del acumulador (alimentación modulada de la resistencia). En el marco de una instalación en un edificio con su propio sistema de ventilación como en el caso de un edificio de viviendas colectivas o terciario, el calentador de agua termodinámico sobre aire extraído no dispone de su propio sistema de ventilación y por lo tanto, la prioridad de distribución de energía cambia al siguiente escenario: alimentación del compresor y remanente de energía solar para la alimentación de la resistencia eléctrica.

Este último nivel de distribución permite recuperar el excedente de producción solar tanto cuando el compresor funciona como cuando está parado.

Esta lógica de regulación del conjunto de órganos del sistema de calentador de agua termodinámico sobre aire extraído permite, por una parte, dedicar íntegramente la energía solar suministrada al calentador de agua termodinámico y por lo tanto de autoconsumir la totalidad de la producción solar, y por otra parte, volver eléctricamente autónomo el calentador de agua, en la mayor medida posible.

RESULTADOS

Para validar los resultados de este producto sobre el terreno, se han realizado 2 dos obras en el Suroeste de Francia y se han puesto en marcha en la primavera del 2017. Se trata de dos viviendas individuales de unos 120m2 cada una. Para cada una de las obras, el depósito de agua caliente termodinámico con una capacidad de 200litros está conectado a un panel fotovoltaico con una superficie de 1,6m2 y una potencia de 250Wc. Se ha seguido y monitorizado las 2 obras para poder medir las ganancias, el muestreo de las medidas se realiza con un paso de tiempo de 10 segundos

para poder captar con precisión los consumos de agua caliente sanitaria en las viviendas. Los datos medidos son la temperatura de agua fría, la temperatura de agua caliente, las temperaturas en el interior del acumulador, el consumo de agua caliente, la producción de electricidad suministrada por el panel fotovoltaico, el consumo eléctrico del calentador de agua, las características de la máquina. Cada día, un fichero de datos grabados es enviado al InnoLab de Aldes (centro de Investigación e innovación).

Mostramos a continuación un diagrama de resultados en los que en la primera curva, se refleja la producción eléctrica mediante el panel fotovoltaico

En la segunda curva, se refleja el consumo de agua caliente y las temperaturas en el depósito de agua caliente. La cantidad de agua caliente consumida es de 118 litros. En la tercera curva, se refleja el funcionamiento del compresor.

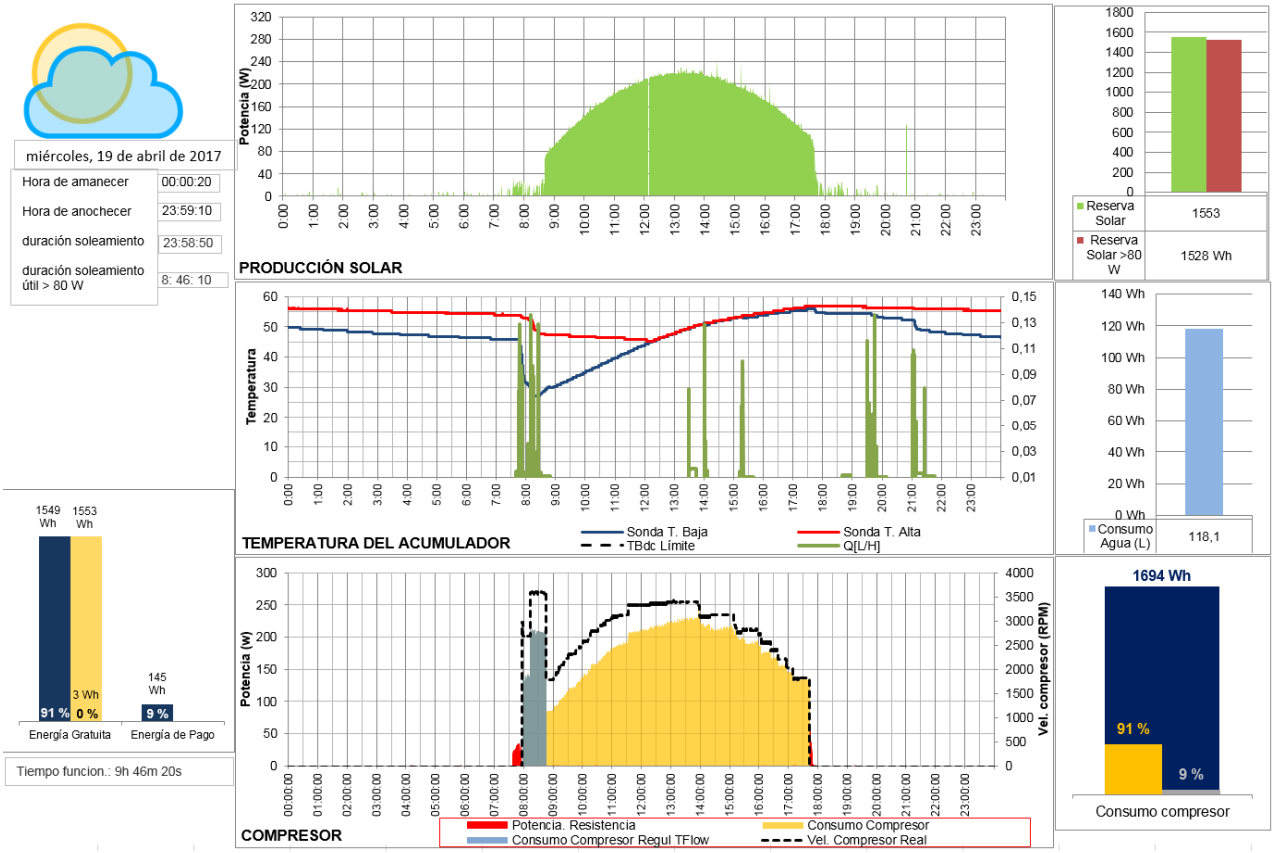


Figura 4. Ejemplo de resultados de un día soleado.

CONCLUSIÓN

En síntesis, los resultados obtenidos en estas dos viviendas son muy interesantes y permiten dividir el consumo eléctrico por 5 en relación con un calentador de agua termodinámico y por 15 en relación a un calentador de agua eléctrico gracias al acoplamiento con los paneles fotovoltaicos.

BOMBA DE CALOR HASTA 90°C CON REFRIGERANTE ECOLÓGICO DE CO2 DE MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES PARA APORTAR ACS AL HOTEL VINCCI THE MINT

Susana Olivo, Product Manager A2W, Lumelco
Alberto Esteban, Technical Manager, Lumelco

Resumen: La bomba de calor Q-TON de Mitsubishi Heavy Industries es un sistema de alto rendimiento que utiliza un compresor de dos etapas con refrigerante CO2 para obtener agua caliente sanitaria (ACS) entre 60°C y hasta 90°C mediante aerotermia. Es una tecnología de alta eficiencia indicada para grandes demandas de ACS. La partida de ACS de un hotel es de las más fuertes y con este sistema se minimiza el impacto en la factura mensual. Se presentará un caso de referencia como es el hotel Vincci The Mint 4* para ver un caso práctico. El hotel dispone de 88 habitaciones y para la instalación de Agua Caliente Sanitaria (ACS) se instaló un módulo Q-TON de 30 kW junto con una acumulación de 6.000 litros (1.000 litros suministrados por MHI con el tanque estratificado) para cubrir la demanda de 9.678 litros/día del hotel. El ahorro de energía primaria de la bomba de calor Q-TON en la producción de ACS frente a un sistema convencional (caldera de gas) es del 78%, el ahorro económico supone un 35% menos y la reducción de las emisiones de CO2 es de hasta un 44% menos. La bomba de calor es capaz de alcanzar COPs de hasta 5,6. Sus prestaciones hace que sea considerada una energía renovable y debido a la actualización del CTE de 2013 esta bomba de calor es capaz de sustituir total o parcialmente una instalación solar.

Palabras clave: Aerotermia, ACS, Eficiencia Energética, Energía Renovable, Ahorro, CO2, Ecológico

CASO PRÁCTICO EN EL HOTEL VINCCI THE MINT MADRID

El moderno alojamiento supone una nueva apuesta de la cadena Vincci Hoteles por la recuperación de edificios históricos y propone una forma distinta de alojamiento en Madrid: un hotel en la Gran Vía vanguardista, con diseño de Jaime Beriestain.

El hotel, buscando la diferenciación tanto en su imagen, en la funcionalidad del hotel como en el propio concepto, no dejó de lado buscar la diferenciación energética instalando para dar solución a una de las partidas del hotel más importantes, el ACS, una bomba de calor de CO2, Q-TON.

Respondiendo al panorama actual donde la instalación de energías renovables es un punto con el que hay que contar, desde la ingeniería del hotel se desarrollo un proyecto teniendo en cuenta un producto que satisfaciese esos puntos.

Figura 1. Entrada Hotel Vincci The Mint.

La bomba de calor Q-TON es considerada energía renovable y a parte de los grandes rendimientos que ofrece al hotel le permitió despejar su cubierta, ya que, si no se instalaba un equipo de este tipo, se tendría que haber optado a una solución de energía solar que ocupaba la totalidad de la misma. Con Q-TON, este espacio se redujo un 65%.

Datos de partida – Análisis inicial

Este hotel presenta un consumo de ACS de 9.678l/día a 60°C. La demanda se estima por igual durante los 12 meses del año y con el siguiente perfil de demanda horaria por día:

Perfil (%):

HORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM	OCTUBRE	NOVIEM	DICIEM
0	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
1	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
2	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
3	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
4	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
5	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
6	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
7	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
8	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
9	7,42	7,42	7,42	7,42	7,42	7,42	7,42	7,42	7,42	7,42	7,42	7,42
10	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08	18,08
11	14,33	14,33	14,33	14,33	14,33	14,33	14,33	14,33	14,33	14,33	14,33	14,33
12	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90	6,90
13	4,68	4,68	4,68	4,68	4,68	4,68	4,68	4,68	4,68	4,68	4,68	4,68
14	5,85	5,85	5,85	5,85	5,85	5,85	5,85	5,85	5,85	5,85	5,85	5,85
15	6,53	6,53	6,53	6,53	6,53	6,53	6,53	6,53	6,53	6,53	6,53	6,53
16	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98
17	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
18	4,92	4,92	4,92	4,92	4,92	4,92	4,92	4,92	4,92	4,92	4,92	4,92
19	6,42	6,42	6,42	6,42	6,42	6,42	6,42	6,42	6,42	6,42	6,42	6,42
20	6,42	6,42	6,42	6,42	6,42	6,42	6,42	6,42	6,42	6,42	6,42	6,42
21	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83
22	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
23	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92

Tabla I. % del perfil de consumo por horas y meses.

Se analiza la demanda de la instalación y se tiene en cuenta las pérdidas del anillo de recirculación del hotel ya que son pérdidas que tendrán que compensarse para que el sistema no se vea penalizado en cuanto a su eficiencia energética y se garantice un servicio óptimo al hotel.

Las demandas en este caso son las siguientes:

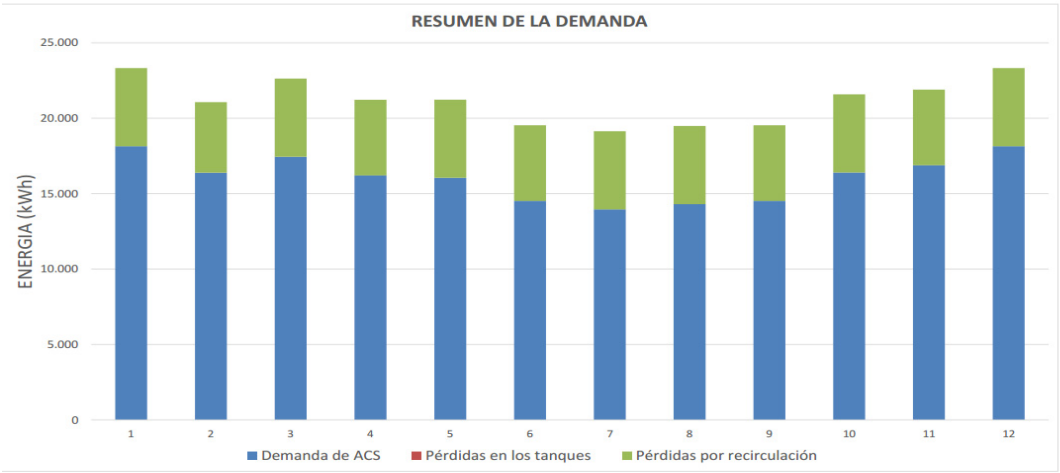


Figura 2. Demanda energética del sistema de ACS por meses.

TOTAL DEMANDA ANUAl (kWh):	253.957
TOTAL DEMANDA CUBIERTA CON EL SISTEMA QTON (kWh) (1):	192.929
Demanda del anillo de recirculación cubierta por otra Caldera de gas (kWh) (2)	61.028

TOTAL:	253.957

Figura 3. Resumen de las demandas energéticas.

La bomba de calor Q-TON trabaja con CO2 como refrigerante. El CO2 o el R-744 como tambien es conocido, tiene unas propiedades termódinamica peculiares ya que con él trabajamos en la zona transcrítica de la curva P-H y los mejores rendimientos del equipo QTON se consiguen cuando la temperatura de entrada de agua al equipo es lo mas baja posible (agua de red directamente).

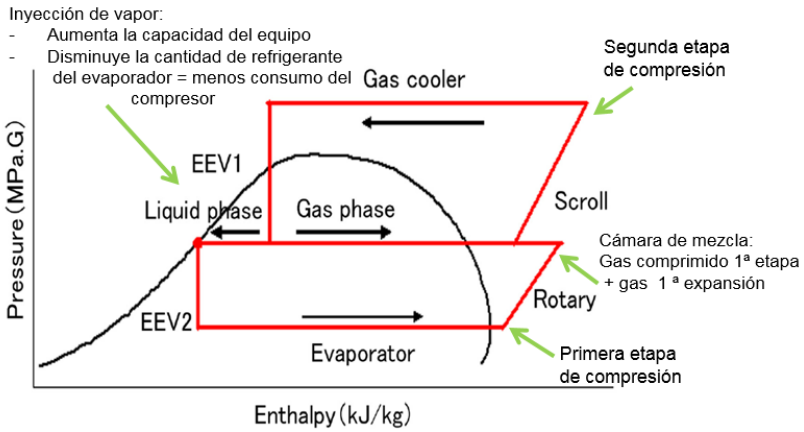


Figura 4. Diagrama presión / entalpia de la bomba de calor Q-TON.

Por este motivo, se optó por aprovechar la caldera de gas que se planteó en el hotel para dar servicio a puntos como la cocina, para que se encargase de cubrir las pérdidas del anillo de recirculación y no penalizaran al rendimiento del sistema.

Descripción solución

Aunque el Hotel dispone de un aporte de energía solar, el sistema de bomba de calor se ha diseñado para cubrir el 100 % de la demanda de ACS.

En cada uno de los meses se calcula el balance de energía del sistema. Como ejemplo se muestra la gráfica del mes de Enero.

La línea roja indica la energía que aporta la bomba de calor Q-TON y la línea verde los litros de ACS acumulados. Es a las 8:00 AM cuando se alcanza la máxima acumulación de forma que en las horas de mayor demanda, de 9:00 a 11:00 AM, el sistema pueda abastecer sin problemas la demanda de ACS estimada.

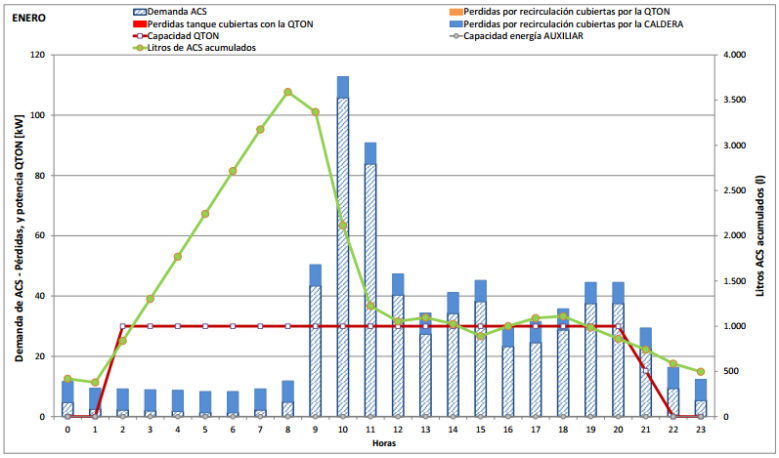
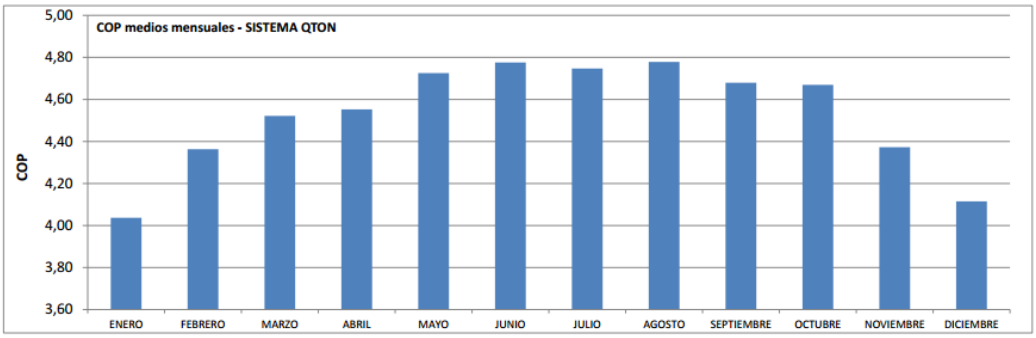


Figura 5. Análisis horario de las demandas, aportes y pérdidas del sistema.

RESULTADOS OBTENIDOS

El resultado final es el cálculo del COP medio anual del sistema que se realiza según las curvas de rendimiento ensayadas por el fabricante y teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la zona, las cuales se obtienen de la guia editada por el IDAE. “Condiciones climáticas exteriores de proyecto” y las temperaturas de agua de red extraídas del Apéndice B del Documento Básico HE Ahorro de Energía. Septiembre 2013:



COP MEDIO ANUAL DEL SISTEMA QTON: **4,50**

Figura 6. COP mensuales.

Para el ejemplo que nos ocupa y comparando el sistema Q-TON con otros sistemas tradicionales de calentamiento de agua caliente sanitaria obtenemos los siguientes resultados de gastos anuales (€):

QTON + SISTEMA AUXILIAR + RECIRC	CALDERA GAS	CALDERA GASOIL	CALDERA ELECTRICA
9.755	13.802	18.210	38.094

Figura 7. Comparativa económica con otros sistemas.

El sistema Q-TON provoca un ahorro económico importante que implica que la amortización del sistema se realice en pocos años. A esta situación, se le suma la actual norma contemplada en el código técnico de la edificación HE4 que indica que la energía solar se podrá sustituir total o parcialmente por otra fuente de energía renovable (punto 2.2.1).

La aerotermia Q-TON es considerada energía renovable.

La Directiva 2009/28/CE de la Unión Europea de 23 de abril de 2009 contempla por primera vez la energía aerotérmica como fuente de energía renovable en su artículo 2. Es también en esta directiva dónde se define la cantidad de energía aertotermica capturada por la bomba de calor que debe considerase energía procedente de fuentes renovables (ERES) se calculará de acuerdo con la siguiente fórmula: ERES = Qusable * (1-1/SPF) siendo:

- Qusable: el calor útil total estimado por bombas de calor
- SPF, el factor de rendimiento medio estacional estimativo para dichas bombas de calor. Para que una boma de calor pueda considerarse energía renovable su SPF debe ser superior a 2,5.

SPF = COP nominal * FP * FC

El IDAE a través de su documento reconocido “Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para la producción de calor en edificios” con fecha febrero 2014, establece este método de cálculo.

Los cálculos obtenidos en este caso son los siguientes:

COP obtenido para las condiciones de temp. del proyecto y agua de suministro:	4,54
FP: factor de ponderación representativo (2)	0,75
FC: factor de corrección en función de la temperatura de condensación (3)	1,00
VALOR CALCULADO SPF:	3,41

Demanda cubierta por el sistema solar (%):	25
Demanda cubierta por la bomba de calor QTON (%):	75
Demanda cubierta el sistema solar (kWh):	48.163
Demanda cubierta por la bomba de calor QTON (kWh):	144.488
Consumo de energía anual de la bomba de calor (kWh):	31.798
Consumo eléctrico del sistema solar (kWh) (1):	722

Figura 8. Cálculos obtenidos.

- (1) Se ha estimado un 1,5 % del total de la energía demandada como consumo eléctrico del sistema de la caldera y el sistema solar
- (2) Sistema centralizado
- (3) La bomba de calor modelo ESA30E es una bomba de calor CO2 con una temperatura de condensación superior a 60°C

ESTIMACION DE LA CANTIDA DE PANELES:

Coef. Óptico:	0,783
Coef. Pérdidas:	1,06
Superficie unitaria (m2):	0,1054
Nº de TUBOS DE VACIO VARISOL:	402
Superficie total util (m2):	56
Reducción de superficie de captación respecto a la solución solar más sistema auxilar según CTE	65

Figura 9. Estimación aporte solar.

La cantidad de energía renovable ERES (%) = 102.091 kWh (70,66% de Qusable)

Energía eléctrica consumida por la energía NO renovable: 42.397 KWh

Se procede a calcular la energía primaria consumida por la bomba de calor y sus emisiones de C02 asi como el sistema auxiliar de una instalación convencional de solar más caldera y se obtiene los siguientes resultados:

	ENERGÍA PRIMARIA CONSUMICA (kWh)	EMISIONES DE CO2 (kg)
CAPTADORES SOLARES + SISTEMA AUXILIAR según CTE	107.207	22.261
BOMBA DE CALOR AEROTERMIA QTON + SOLAR	106.117	17.205
Ahorros gracias a la Bomba de Calor - Aerotermia	1.090	5.056

Figura 10. Comparativa entre el sistema Q-TON + SOLAR y el sistema de referencia.

CONCLUSIÓN

La superficie de captación solar se vio reducida en un 65% (100 m2) de tal manera que el hotel pudo aprovechar la cubierta del hotel y abrió una terraza chill out con una de las mejores vistas de Madrid.

Si no se hubiese instalado la bomba de calor de C02 Q-TON, el hotel tendría que haber aportado una superficie de captación de 157 m2 con tubo de vacío. Con Q-TON solo se tuvieron que colocar 402 tubos de vacío Varisol Kingspan Thermomax que solamente ocuparon 56 m2. Estos tubos de vacío al ser un sistema tubo a tubo, se pudieron ir adecuando a las diferentes cubiertas inclinadas que tenían ya que se pueden hacer baterías de 1 a 150 tubos.

Figura 11. Terraza Hotel Vincci The Mint.

El impacto visual para el hotel no se vio afectado ya que la colocación de la boma de calor se colocó en la cubierta, ocupando menos de un metro cuadrado y los acumuladores en una sala técnica contigua.

La partida de ACS del hotel con este sistema está obteniendo unos resultados de ahorros económicos muy significantes. El ahorro energético de la bomba de calor Q-TON en la producción de ACS frente a un sistema convencional (caldera de gas) es del 78%, el ahorro económico supone un 35% menos y la reducción de las emisiones de CO2 es de hasta un 44% menos. Los ahorros de energía primaria consumida suponen un ahorro de 1.090 kWh y 5.056 kg de CO2 ahorrados frente a un sistema convencional. Dicha bomba de calor así lo cumple y cumple con el Reglamento de Ecodiseño relativo al LOT2.

ENER LOT 2, o la directiva (UE) 2016/2281, aplica a los requisitos de diseño ecológico de productos de calentamiento de aire y productos de refrigeración por aire, enfriadores de procesos de alta temperatura y ventiloconvectores. En este reglamento se definen los requisitos energéticos relativos a la eficiencia y al rendimiento estacional. Además, los fabricantes, sus representantes autorizados e importadores deberán facilitar el libre acceso a la información técnica sobre estos rendimientos, manual de instrucciones para instaladores y usuarios finales y manuales para el desmontaje, reciclado o eliminación del producto al final de su vida útil.

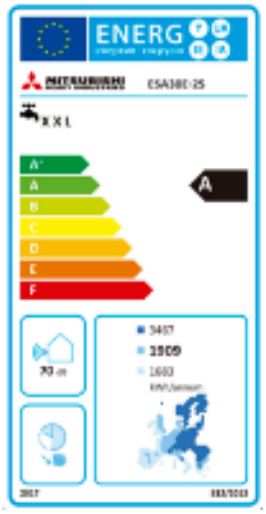


Figura 12. Etiqueta energética según LOT2 de Q-TON.

REFERENCIAS

- Condiciones climáticas exteriores de proyecto, I.D.A.E.
- Documento Básico HE Ahorro de Energía. Septiembre 2013
- Data book Mitsubishi Heavy Industries Q-TON
- Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para la producción de calor en edificios, I.D.A.E.

COMPARATIVA ENTRE LA MODELIZACIÓN ENERGÉTICA DE UN EECN CON MEDICIONES REALES EN CONTÍNUO Y EL CONFORT DE LOS USUARIOS

Santiago Muelas, Director General, American Building System (ABS)
Álvaro Martínez, Técnico Designer, American Building System (ABS)
Nicolás Bermejo Presa, Resp. Concept Sales e Innovación, SAINT-GOBAIN/Marketing SAINT-GOBAIN ISOVER

Resumen: En este documento se presentarán las conclusiones de un estudio llevado a cabo para analizar el comportamiento de una vivienda unifamiliar certificada passivhaus (y que genera más energía que la consumida gracias a su instalación fotovoltaica), desde su modelización energética (para lo cual se compararán los datos derivados de la modelización con Energy Plus, HULC Y PHPP), pasando por su rendimiento prestacional Real (se compararán los resultados derivados de la simulación energética con los datos de monitorización en tiempo Real que dispone la vivienda 24h/365d) y su relación con el confort de los usuarios (se propone que el usuario final de la vivienda, exponga de primera mano su punto de vista y experiencia).

Palabras clave: Passivhaus, Construcción Industrializada, Casas Pasivas, LCA, ACV, Análisis de Ciclo de Vida, Sostenibilidad, Energy Plus, SketchUp, OpenStudio

CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA ANALIZADA

En el presente documento, se analiza el comportamiento de una vivienda industrializada por ABS (American Building System) que ha sido pionera en la realización de un análisis de ciclo de vida completo (desde la cuna a la tumba) y ha obtenido la certificación passivhaus. El ciclo de vida de esta vivienda Pasiva de ABS, presenta un impacto hasta un 96% menor que una vivienda tradicional debido principalmente al menor uso de materias primas y baja demanda energética. A lo largo del ciclo de vida se produce un ahorro de 125.900 Kg de CO2-eq, equivalentes al impacto de 9,47 habitantes de la UE durante un año y recorrer 26,62 vueltas a la Tierra. En referencia a la Salud humana, se produce un ahorro de 72 días de vida perdidos por muerte o enfermedad (DALY).

A grandes rasgos, podríamos decir que el modelo de construcción convencional es un sistema de construcción cuyo diseño de producción se singulariza para cada proyecto, en el que todos los subsistemas y componentes requieren de una transformación y puesta en obra in situ.

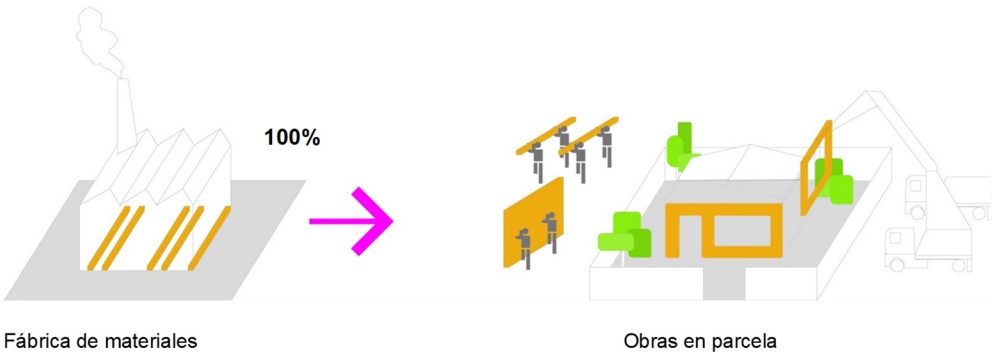


Figura 1. Proceso descriptivo construcción convencional.

El modelo de construcción industrializada por su parte, es un sistema de construcción cuyo diseño de producción es mecanizado, en el que todos los subsistemas y componentes se han integrado en un proceso global de montaje y ejecución para acelerar su construcción.

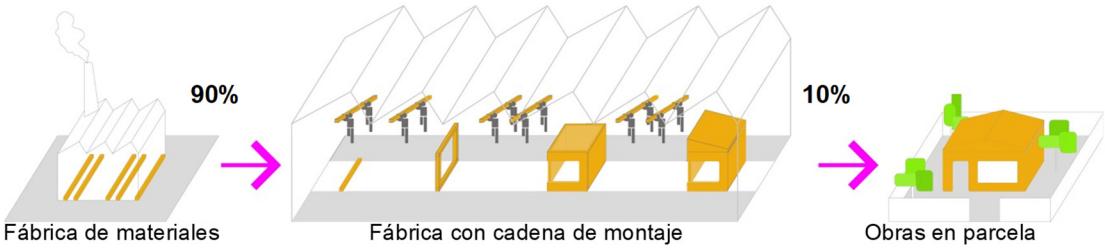


Figura 2. Proceso descriptivo construcción industrializada.

Se trata así de una organización del proceso productivo que implica la aplicación de tecnologías avanzadas al proceso integral de diseño, producción, fabricación y gestión.

El presente proyecto es de una vivienda industrializada, con una superficie de 96m2 constituida por dos módulos y un porche. La vivienda consta de tres dormitorios, dos baños completos, un salón comedor, una cocina y el cuarto de instalaciones que alberga el sistema de ventilación con recuperación de calor.

Figura 3. Detalle de la vivienda.

MODELIZACIONES ENERGÉTICAS

Desde la publicación de la modificación del CTE - HE en el año 2013 para la verificación del cumplimiento de los requisitos normativos establecidos en los documentos del CTE DB-HE, se puede utilizar cualquier método de simulación energética, siempre y cuando se respeten las condiciones indicadas en el Apartado 5.1 Características de los procedimientos de cálculo del consumo/demanda energética y los documentos oficiales (documento condiciones técnicas de los *procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios* del Ministerio de Industria, Energía y Turismo).

La exactitud de la simulación energética, dependerá en gran medida de la correcta representación geométrica del edificio, de la correcta introducción de las propiedades térmicas de los materiales y elementos constructivos del modelo, de la correcta definición de las distintas zonas térmicas del edificio, etc.

Para realizar un correcto análisis entre los datos derivados de la modelización energética y los datos de consumo real, se exponen a continuación los datos derivados de la realización de la modelización energética siguientes derivados de proyecto:

- PHPP v9.3 El cálculo de balance energético se ha realizado partiendo de las condiciones de confort establecidas
- Herramienta unificada LIDER-CALENER versión 1.0.1558.1124 utilizada para la verificación de los requisitos derivados del Código técnico de la edificación la certificación energética del edifico

- SGSAVE: herramienta de elevadas prestaciones para el diseño de edificios, que incorpora EnergyPlus, el motor de cálculo energético más avanzado que existe.

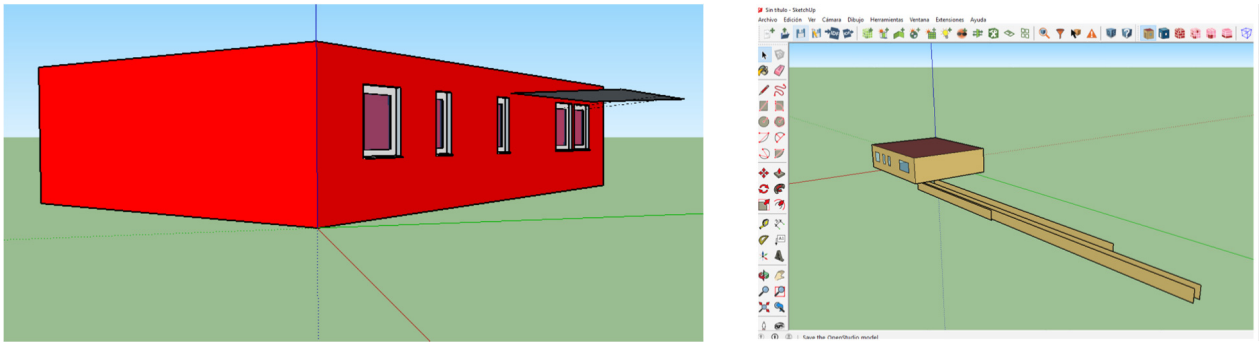


Figura 4. Detalles de modelado con SGSAVe y Design PH en Sketchup.

Los resultados derivados de la modelización con cada uno de estos softwares de simulación computacional han sido los siguientes:

PROGRAMA DE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL	Demanda de Calefacción (Kwh/m2año)	Demanda de Refrigeración (Kwh/m2año)	Energía primaria no renovable (Kwh/m2año)
PHPP v9.3	19	8	130
Herramienta unificada LIDER-CALENER	23.66	6.82	42.45
SGSAVE con Energy Plus	20.8	13	35,27

Tabla I. Resultados Modelizaciones.

En el caso del indicador de energía primaria no renovable según PHPP, ha sido teniendo en cuenta la demanda específica de energía primaria para calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria, electricidad doméstica y auxiliar. En el caso de la herramienta unificada LIDER CALENER y SGSAVe con Energy Plus se ha tenido en cuenta lo especificado en el código técnico y, por lo tanto, no ha sido modelizada en este caso la electricidad doméstica y auxiliar. En PHPP, todos los cálculos, tanto de superficies como de puentes térmicos, se realizan teniendo en cuenta las dimensiones exteriores de los elementos. La herramienta Unificada LIDER-CALENER y SGSAVE con energy plus, tienen en cuenta lo especificado por el código técnico (según las dimensiones interiores).

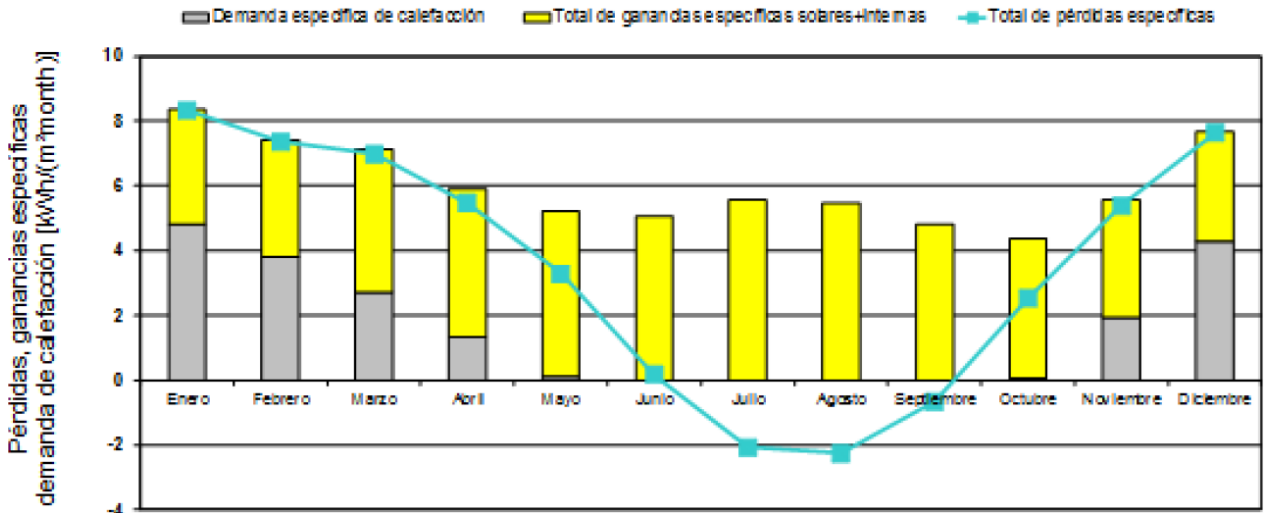


Figura 5. Relación mensual de las pérdidas de calor y las ganancias solares e internas anuales en relación a la demanda de calefacción informe PHPP.

La definición original de un edificio Passivhaus dice que es aquel en el cual el confort térmico (según la ISO 7730) se consigue mediante el calentamiento o enfriamiento del flujo de aire necesario para alcanzar la ventilación higiénica de sus ocupantes. La ventilación es, un parámetro que influye muy significativamente tanto en el cálculo de la demanda energética como en el del consumo. En todos los casos, se ha utilizado el mismo valor para la ventilación según lo especificado en el estándar passivhaus.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
<54.20 A 54.20-87.8 B 87.80-136.1 C 136.10-209.3 D 209.30-375.60 E 375.60-473.20 F =>473.20 G	42,45 A	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año)	A	*Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año)*	C
		26,87		8,91	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año)	A	*Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año)*	-
		6,66		-	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año)[1]					

Figura 6. Detalles de resultados Herramienta unificada LIDER-CALENER versión 1.0.1558.1124.

Resultados derivados de las mediciones en tiempo real

La vivienda dispone de un sistema de monitorización de consumos energéticos en tiempo real, parámetros operacionales como temperaturas, humedad, etc., así como de la calidad del aire interior (concentración de CO_2).

Estos valores, han permitido y permiten comparar los mismos con los derivados de las modelizaciones iniciales, así como intentar alinear los mismos con la sensación de confort de los usuarios y cuyos resultados se resumen en el siguiente apartado de conclusiones.

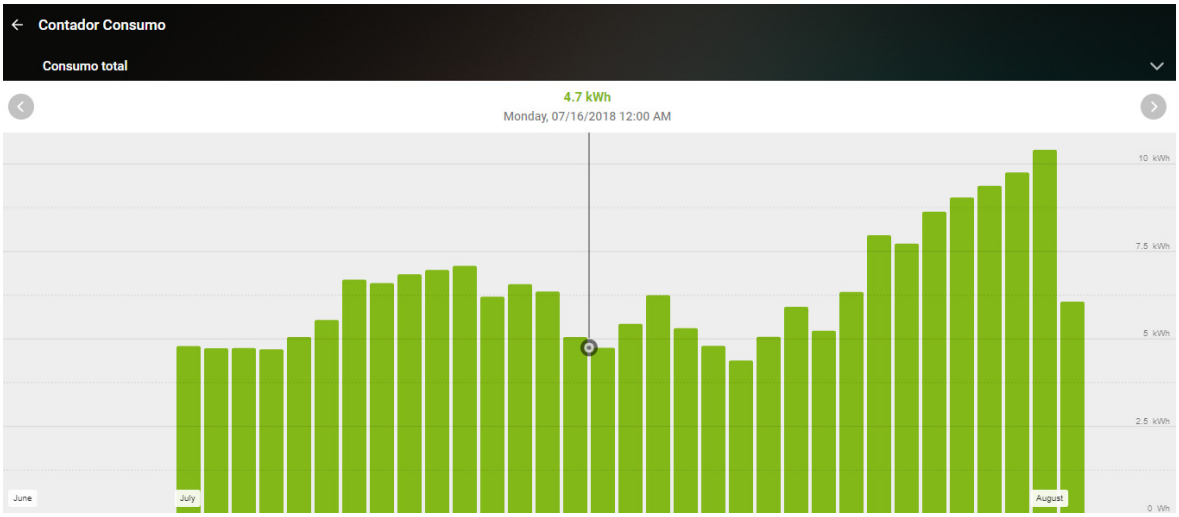


Figura 7. Detalle relativo al gráfico de consumo energético en Tiempo Real.

CONCLUSIONES

La modelización energética y de otros parámetros en los edificios, es un aspecto fundamental e inherente a la propia actividad de concepción y creación de edificios, no solo para establecer rangos de comportamiento del edificio y compararlo con los requisitos legales, sino fundamentalmente para ser capaces de prever su funcionamiento y el impacto sobre el confort en los usuarios. En ese sentido, existen numerosas herramientas computacionales como las aquí presentadas, que devuelven unos resultados predictivos que son necesarios verificar posteriormente en la etapa de uso ya que dichos valores van a depender de multitud de factores:

- La modelización energética realizada por todos los programas, se encuentra en los mismos órdenes de magnitud, si bien existen diferencias de cálculo debidas a lo especificado en el texto y a los modelos matemáticos empleados.
- Los resultados medidos, en las horas con las condiciones de contorno similares a las consignas establecidas en los programas de modelización, arrojan resultados que difieren entre un 2% y un 8% (diferencias debidas a factores no contemplados en los programas de modelización o los valores reales en cada instante (cargas internas, perfiles de uso, etc).
- Las mayores desviaciones entre lo proyectado y el comportamiento real, se observan debido a variaciones en los perfiles de uso. En este caso, se han observado discrepancias de hasta el 80% en determinados días (no coincidentes entre los perfiles de uso definidos con los perfiles de uso reales: tasas de ocupación, ventilación, condiciones climáticas, etc).
- La ventilación nocturna durante el verano, es un parámetro fundamental para el confort de los usuarios. En este caso, la aereogeotermina ha conseguido reducir una media del 38% la energía real necesaria para obtener la temperatura de confort para determinados días. Este sistema, no ha sido integrado en los programas.
- Cuando comparamos la temperatura operativa derivada de las modelizaciones, con los valores medidos y las encuestas realizadas a los usuarios, se observa una correlación directa de las mismas en los intervalos definidos.
- Los edificios deben proporcionarnos un hábitat confortable y saludable en el que desarrollemos, de manera satisfactoria, eficiente y segura, nuestra vida diaria.

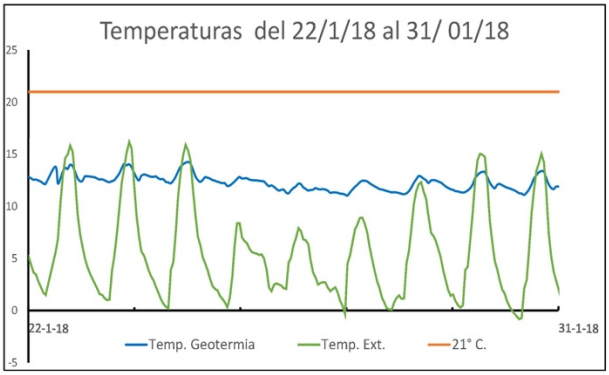


Figura 8. Gráfico de temperaturas de 10 días de enero de 2018.

REFERENCIAS

- Documento de Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios. Ministerio de Fomento. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
- 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
- Energy Design Plugin: An EnergyPlus Plugin for SketchUp. U.S. Department of Energy
- Comparison of Building Energy Modeling Programs: Building Loads. Lawrence Berkeley National Laboratory
- EEFG. 2008. EnergyPlus Example File Generator. U.S. Department of Energy
- Google 2008. SketchUp Ruby API Developer's Guide.

PUESTA EN MARCHA, MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN DE 28 RECUPERADORES DE CALOR DE ALTA EFICIENCIA CON CERTIFICACIÓN PASSIVHAUS EN EDIFICIO CON MÚLTIPLES USOS

Xavier Bustamante Pujadas, Director Técnico, ALB Sistemas
Ricard Moncayo Viñes, Técnico, ALB Sistemas

Resumen: Poner en marcha, medir y calibrar los 28 recuperadores de calor de alto rendimiento energético instalados en Senso San Sebastián requirió varias jornadas de trabajo, así como diversas medidas correctoras, a fin de lograr el correcto calibrado y funcionamiento del sistema. La instalación da servicio a Senso San Sebastián, una edificación que alberga diferentes usos relacionados con la hostelería, la restauración y el wellness, pero que comparten un denominador común: la sostenibilidad y la convivencia con el paisaje y el entorno. En este sentido, los 28 recuperadores de calor con rendimiento energético de hasta el 93%, instalados en diferentes zonas, constituían una instalación con amplia variedad de espacios y usos a los que dar servicio, por lo que todas las medidas tenían como objetivo garantizar que se cumplen los estándares constructivos fijado por Passivhaus, asegurando un funcionamiento sostenible, eficiente y equilibrado. El conjunto de estos recuperadores de calor suma un caudal de 64.300 m^3/h. La diversidad de características de los espacios (usos, superfícies y volúmenes, tipologías constructivas, etc.) aportaba también una gran diversidad en los parámetros de funcionamiento del sistema de climatización y ventilación. Así pues, cada una de las 28 máquinas fue calibrada siguiendo los caudales de diseño establecidos en el proyecto ejecutivo. Los caudales de impulsión y de extracción seguían el estándar Passivhaus con un desequilibrio entre ellos menor o igual al 10%.

Palabras clave: Climatización, Ventilación, Recuperador Calor, Passivhaus, Eficiencia Energética, Consumo, Medición, EECN, Desequilibrio

INTRODUCCIÓN

En edificación, las instalaciones de climatización y ventilación constituyen uno de los principales factores que regulan el confort final del usuario. Las instalaciones, así como los sistemas constructivos en general, forman parte cada vez más de una construcción sostenible que tiende a reducir la demanada energética de un edificio, así como a minimizar las emisiones del mismo, generando un mínimo impacto en el entorno. La certificación Passivhaus reconoce de forma global el carácter sostenible de una obra, analizando aspectos como su diseño, los materiales constructivos utilizados, el entorno etc. Aspectos que de forma directa influyen en la demanda de energía de calefacción de refrigeración, en la demanda de energía primaria y en la hermeticidad del conjunto.

Así pues, los 28 recuperadores de aire debían ser puestos en marcha y sus rendimientos y correctos funcionamientos tenían que ser comprobados in situ. Las 28 máquinas, certificadas por Passivhaus, tienen un rendimiento energético de hasta el 93%, y el caudal total de la instalación objecto de estudio asciende a 64.300 m^3/h. Una medición en cada zona debía comprobar el total de los flujos de entrada (impulsión) y de los de salida (extracción), y reducir el desequilibrio entre ambos por debajo o igual al 10%.

DATOS DE PARTIDA

Los 28 recuperadores de calor

Los recuperadores de calor son unidades de ventilación mecánica controlada (VMC) de bajo perfil, con intercambiador de calor a contraflujo de alto rendimiento y ventiladores de conmutación electrónica (EC) que les permite trabajar en cualquier punto del rango de potencia entre 12% y 100%. Disponen de certificado Passivhaus y cumplen con los requisitos de Ecodiseño ErP 2018.

Estos recuperadores de calor garantizan una ventilación y renovación del aire en edificios residenciales y terciarios acorde a la normativa vigente, siendo gestionados según sondas de CO_2 y/o sensores de presión diferencial, así como aportando una alta eficiencia de recuperación del calor y un aire filtrado de alta calidad.

Figura 1. Recuperadores de calor objeto de estudio.

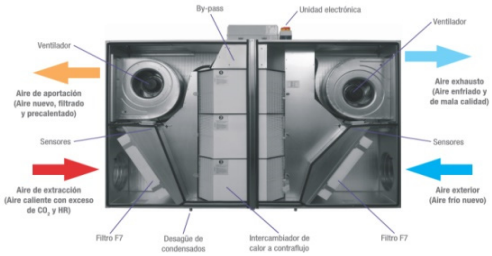


Figura 2. Funcionamiento de un recuperador de calor de alta eficiencia.

Cada recuperador de calor viene equipado con un sistema de control que permite la comunicación con la unidad de manera remota vía Internet y con un controlador táctil de fácil manejo para la gestión local. Los recuperadores disponen de dos niveles de permisos: los menús a nivel usuario y los menús a nivel instalador:

- Menú usuario: permite la configuración de horarios, arrancada/parada, temperatura de consigna, etc.
- Menú instalador: permite configurar los parámetros de funcionamiento y control del recuperador de calor (ventilador de impulsión, modo de funcionamiento, accesorios instalados, etc.

El total de los 28 recuperadores de calor se distribuyen según las siguientes características: 5 unidades de recuperadores de calor de 3.600 m^3/h, 13 unidades de recuperadores de calor de 2.600 m^3/h, 3 unidades de recuperadores de calor de 1.600 m^3/h, 7 unidades de recuperadores de calor de 1.100 m^3/h.

EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO: LOS ESPACIOS

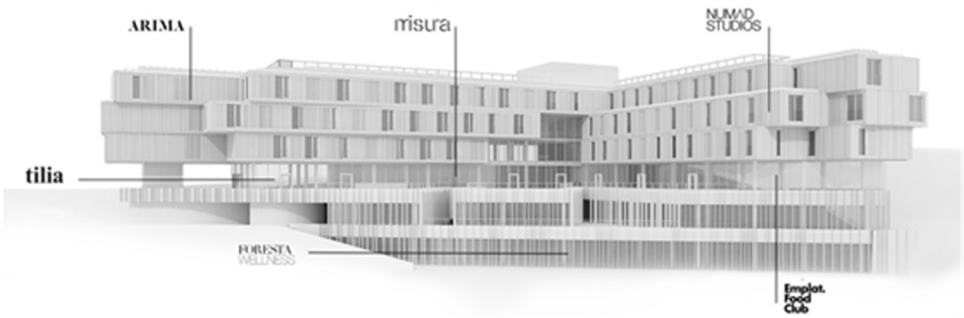


Figura 3. Los diferentes espacios del edificio y su localización.

Tal y como se ha descrito, la obra arquitectónica consta de diferentes espacios que cuentan con una gran diversidad de usos. Esta diversidad se traduce en diferentes ajustes en el momento de calibrar las máquinas. Tomando como referencia la imagen superior, los 28 recuperadores de calor dan servicio a los espacios denominados como: Arima (hotel), Misura (restaurante), Numa (residencia de estudiantes), Tilia (cafetería), Foresta Wellnes (gimnasio y centro de bienestar) y Emplat Food Club (espacios para eventos culinarios). Tal y como se desarrollará en el punto “Mediciones y pruebas de servicio”, se puede observar como ciertas zonas, por ejemplo, la asignada al recuperardor número 11 “Gimnasio residencia de estudiantes”, presenta unas características (dimensiones, número rejillas, estanqueidad, valores caudal de diseño) muy diferentes a la zona asignada al recuperador número 22 “cocinas”.

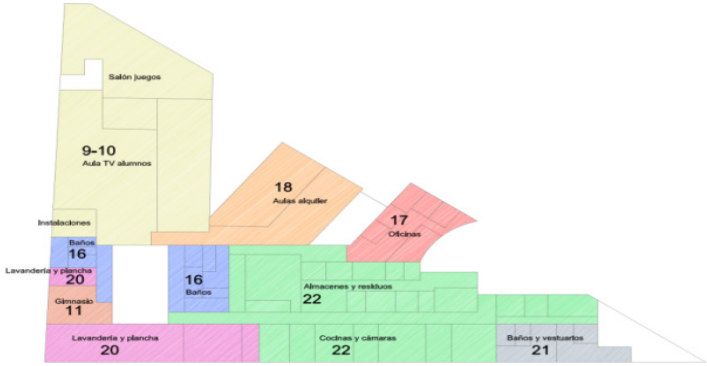


Figura 4. Planta sótano -1, usos y recuperador asociado.

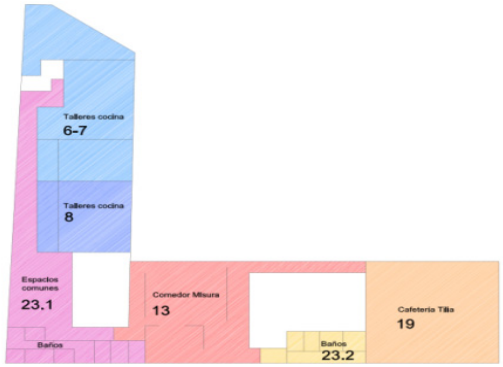


Figura 5. Planta semisótano, usos y recuperador asociado.

PROCESO DE PUESTA EN MARCHA, MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN

Las diferentes etapas que forman parte del proceso de puesta en marcha, medición y verificación son las siguientes:

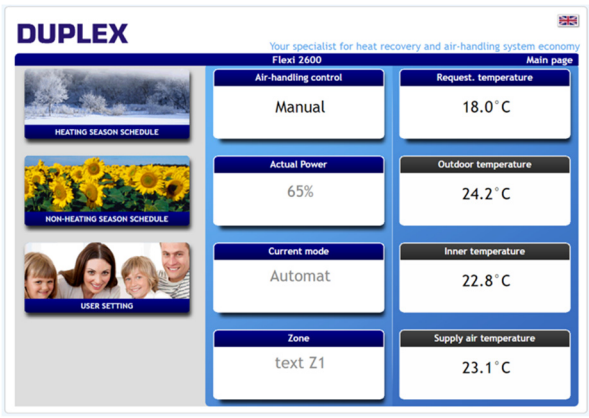


Figura 6. Panel menú modo usuario.

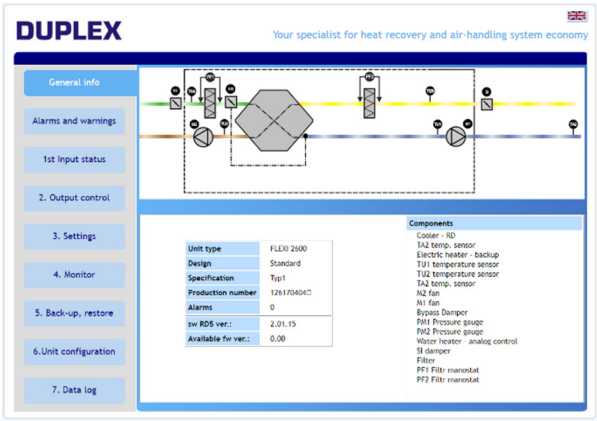


Figura 7. Panel menú modo instalador.

- FASE 1: Configurar los recuperadores de calor, desde el controlador táctil o mediante aplicativo on-line, para que funcionen con los caudales requeridos para la toma de medidas.
- FASE 2: Realizar mediciones y pruebas de servicio en la instalación para verificar su correcto funcionamiento, asegurando que los parámetros de funcionamiento se ajustan a los previstos y comprobando que se cumple la certificación Passivhaus.
- FASE 3: Definir acciones correctoras a implantar en los casos en los que se ha determinado alguna desviación respecto a los requisitos exigidos por la certificación Passivhaus. Esto ha significado la necesidad de ejecutar cambios en el modo de funcionamiento de los recuperadores e intervenciones en la red de conductos y bocas.
- FASE 4: Realizar el equilibrado de la instalación y asegurar que el desequilibrio del caudal de flujo de aire fresco y aire viciado no supera el 10%.
- FASE 5: Cumplimentar las fichas de cada uno de los recuperadores con los parámetros medidos.

En los siguientes apartados se analizan distintos aspectos relacionados con las fases indicadas.

Puesta en marcha (Fase 1)

Con todos los recuperadores instalados y con tensión, se procedió al ajuste de sus valores según lo establecido en el proyecto ejecutivo de la obra. Por una parte, de forma remota desde el menú instalador, y posteriormente, in situ, desde el menú usuario del panel del controlador de la propia máquina.

Cabe resaltar que los recuperadores de calor están instalados de forma horizontal, colgando del forjado (generalmente ocultos en el falso techo menos en la sala de instalaciones donde es visto), o están instalados de forma vertical, apoyados en el suelo.

Así pues, en el primer caso fue necesario descubrir parte del falso techo registrable a fin de poder acceder al panel de control de los recuperadores. Una vez visible, y sabiendo el caudal nominal de impulsíon de cada máquina, el funcionamiento fue ajustado a fin de adaptarse a los valores de proyecto.

Instrumentos y equipos de medida (Fase 2 y sucesivas)

Unos equipos e instrumentos precisos son imprescindibles para poder garantizar una correcta toma de datos de las instalaciones. En este caso, durante las diferentes fases se utilizaron los siguientes instrumentos y equipos de medida:

- Proyecto de instalaciones definitivo: Imprescindible tanto para definir el proceso de revisión, como para establecer las diferentes medidas correctoras tanto en circuitos como en bocas
- Balómetro con campana de 610x610 mm y campana de 1220x610 mm
- Trípode de gran alcance para asegurar la medición en techos altos
- Anemómetro
- Instrumentación para ampliar y modificar la red de conductos (equipo de instaladores)
- Otros elementos tales cámara fotográfica, cinta metálica adhesiva, escalera, laser de medición, cinta métrica, etc.

Figura 8. Programación de valores en panel de control de recuperador de calor instalado en falso techo.

Figura 9. Medición del caudal mediante trípode, balómetro y campana.

Mediciones y pruebas de servicio (Fase 2)

Como paso previo a realizar cualquier medición en las intalaciones de una obra de estas características y dimensiones, fué imprescindible comprobar la correcta sectorización de las máquinas y asegurar que cada recuperador de calor diera servicio a la zona definida en el proyecto. Dicho procedimiento fue lento e imnplicó a varias personas. Por una parte, arrancando/apagando cada máquina, y por otra, paralelamente, comprobando el correcto funcionamiento en los espacios especificados en el proyecto.

Con la máquina trabajando a la potencia deseada, el siguiente objetivo fué comprobar que los caudales de aportación y extracción de aire fueran los correctos según proyecto, y que entre ellos no exista un desequilibrio mayor al 10%. Esta etapa de medición (un procedimiento con dificultades de ser llevado a cabo, como veremos en el apartado "*Medidas correctoras"*) se realizó siguiendo los pasos descritos a continuación:

- Localizar todas las bocas y rejillas de un mismo recuperador y diferenciar entre las de impulsion y extracción.
- Mediante un balómetro, realizar las mediciones en esas bocas. Este instrumento de medición nos proporcionará tanto el valor del caudal, como si éste es de aportación o extracción (paso anterior). La lectura del mismo puede ser puntual o sacando la media de un intervalo de tiempo (Figura 9).
- Realizar el sumatorio total y establecer la comparativa.

En caso necesario, ajustar los valores del recuperador de calor.

Figura 10. Visualización de los valores del balómetro. Caudal medio de extracción.

Se debe tener en cuenta que durante el proceso de mediciones fueron necesarias varias modificaciones en la configuración de los recuperadores y varias adaptaciones del protocolo Pasive House establecido por la Dirección Facultativa para ajustarlo a las especificidades de la instalación y de los aparatos de medida. Se exponen a continuación algunas observaciones relevantes:

Consideraciones generales

- Los recuperadores de calor no pueden arrancar por debajo del 12% de las revoluciones por minuto máximas (es decir, por debajo del 12% de potencia máxima). Se trata de una medida de seguridad y control de los ventiladores EC (ellectronically commutated; con variador de frecuencia).
- El rango de medición habitual en los equipos destinados a sistemas de ventilación en edificios se sitúa entre 40 y 4.000 m3/h, por lo que debemos asegurar que las rejillas o bocas impulsen o extraigan como mínimo 40 m3/h de manera sostenida.
- La existencia de múltiples bocas, especialmente en la aportación, hace que un caudal de ventilación pequeño quede muy dividido y no sea apreciable ni medible en las salidas. Para el recuperador nº 21, por ejemplo, las fichas justificativas definían una impulsión de 59,30 m3/h a repartir entre más de 15 bocas de impulsión (menos de 4 m3/h por boca). Este caudal no es medible si no es en condiciones de laboratorio (no se trata realmente de un problema de rango de medición en los equipos, si no de valores no medibles en instalaciones reales dado que cualquier corriente de aire o fluctuación en la red distorsionaría la medida). A caudales mayores, los efectos del entorno sobre la medición se vuelven despreciables o al menos aportan un error limitado.
- El rango de medición habitual en los equipos destinados a sistemas de ventilación en edificios se sitúa entre 40 y 4.000 m3
- En relación a las rejillas (simple/doble deflexión o rotacionales) y a los difusores lineales presentes en la obra, la mayoría de las aperturas tenían unas medidas que permitían la medición de la totalidad del caudal de impulsión o retorno mediante alguna de las dos campanas disponibles (610x610 mm y 1220x610 mm). Únicamente en el caso de algunos difusores lineales, con longitudes superiores a 1220 mm, la lectura no pudo ser única y para la totalidad del caudal. En esos casos fue necesario medir las rejillas por tramos y sumar los caudales parciales de cada tramo para conseguir el caudal de aire total.
- Se tomaron algunas mediciones en conducto mediante el anemómetro, generalmente a la salida/entrada del recuperador. Dichas mediciones sirvieron para confirmar o descartar problemas en la red más que para establecer el cumplimiento de los requisitos del Passivhaus puesto que se trata de un aparato de medición menos preciso que el balómetro.

Consideraciones específicas

- Recuperador 13: En este caso, para poder cuadrar un desequilibrio de menos del 10% en volumen de aire, fue necesario recorrer a un parámetro de control interno del recuperador llamado “Corrección M sup”. Dicho parámetro permite fijar un % de incremento o decremento en las revoluciones por minuto del ventilador de aportación respecto al de retorno.
- De esta manera se ha conseguido que los caudales de aire de aportación y extracción sean muy parecidos (evitando la sobrepresión o subpresión del edificio).

- En definitiva, gracias a que el ventilador de aportación gira más rápido que el de retorno, es capaz de aportar la misma cantidad de aire y vencer más pérdidas de carga la red de aportación es más larga y tiene más obstáculos que la red de extracción).
- Recuperador 7: Durante las mediciones se constata que no llega suficiente caudal. Se realizan modificaciones en la red de conductos para disminuir las pérdidas de carga. Finalmente se pueden realizar las mediciones correctamente, sin embargo queda pendiente revisar algunos tramos de la red de conductos de impulsión para optimizarla.
- Recuperadores 9 y 10: Se consideran conjuntamente el recuperador 9 y 10 puesto que dan servicio a un único espacio. Dada la distribución de la tabiquería interior del espacio, existen problemas de distribución de aire, por lo que se recomienda ampliar en nº de bocas de impulsión/retorno y situarlas fuera del espacio interior de pequeñas dimensiones encerrado por dicha tabiquería.
- Recuperador 11: Para poder realizar las mediciones, ha sido necesario sustituir el tramo de conducto a la salida del recuperador (en la boca hacia el exterior) con el fin de aumentar su sección.
- Recuperador 15: Se realizan correctamente las mediciones gracias a nuevas aperturas y conductos realizados durante la campaña de mediciones. Queda pendiente revisar algunos tramos de la red de conductos de impulsión para optimizarla.

Medidas correctoras (Fase 3)

Sobre los recuperadores de calor

Con el fin de poder realizar las mediciones Passivhaus en el sistema de ventilación, ha sido necesario fijar potencias específicas para cada recuperador de calor que dieran como resultado los caudales indicados en las fichas aportadas por la Dirección Facultativa (que definien cómo implantar el protocolo Passivhaus). Sin embargo, debido a pérdidas de carga y otras afectaciones, generalmente han sido potencias superiores a las teóricas que se preveyeron inicialmente. En cualquier caso, los caudales de aire necesarios para realizar las mediciones Passivhaus han supuesto una modificación temporal de los parámetros con los que habitualmente opera el recuperador. Es por ello que, tras la realización de la campaña de mediciones los recuperadores han sido devueltos a su configuración inicial y habitual.

Sobre la red de conductos y bocas

Durante las mediciones ha sido necesario modificar algunos tramos de la red de conductos y bocas con el fin de asegurar los caudales necesarios para el cumplimiento de la certificación Passivhaus. Concretamente, durante la campaña de mediciones se han sustituido algunos tramos finales de conexión a bocas con el fin de aumentar la sección disponible y disminuir las pérdidas de carga, y se han aumentado en algunos casos el número de bocas.

Equilibrado final (Fase 4)

Como final de proceso, una vez realizados todos los pasos anteriores, es necesario repetir el procedimiento de medición y verificación, y comprovar el desequilibrio. Si éste es superior al 10%, habrá que volver a calibrar el recuperador de calor. En el caso de los 28 recuperadores de calor instalados en Senso San Sebastián, todas las máquinas cumplen con los parámetros de trabajo establecidos por Passivhaus.

CONCLUSIONES

La campaña de mediciones fue llevada a cabo con éxito a pesar de las dificultades que tuvieron que ser superadas y subsanadas. Se confirma el correcto equilibrado de la instalación y que el desbalance del caudal de flujo de aire fresco y aire viciado no supera el 10%.

Destacar que es de gran importancia que durante estas jornadas, tanto la propiedad como el equipo de instaladores acompañe durante todo el proceso de medición y verificación. Por una parte, hay que saber de primera mano como se llevo a cabo el proceso de instalación y si surgió algún imprevisto y/o modificación posterior a la redacción del proyecto. Por otro lado, hay que definir de forma conjunta todas las medidas correctoras a fin de que éstas no lleven consigo nuevas dificultades.

VERIFICACIÓN DE AHORROS ENERGÉTICOS EN EL DISTRITO TORRELAGO DE LAGUNA DE DUERO

Andrés Macía Gómez, Investigador senior, Fundación CARTIF
Alí Vasallo Belver, Investigador senior, Fundación CARTIF
Carmén Muñoz Rodríguez, Ingeniera de estudios, VEOLIA
Enrique Martín Guillen, Ingeniero de Estudios, VEOLIA
Javier Martín Sanz, Responsable Técnico área Centro, VEOLIA
Isabel Martín Sanz, Arquitecto Restaurador, Jefe Proyecto, 3IA Ingeniería Acústica

Resumen: En el distrito de Torrelago en Laguna de Duero (Valladolid) se ha hecho una rehabilitación energética a nivel de edificio y red de calor. Estas intervenciones han consistido en el aislamiento de los bloques de viviendas con un sistema SATE, el cambio de las calderas de gas a biomasa, mejoras en los equipos de distribución, siendo el objetivo de la intervención reducir el consumo energético en un 50%, todo ello formando parte del proyecto europeo CITyFiED. La presente comunicación presenta la implementación del protocolo IPMVP para la medida y verificación de ahorros energéticos, haciendo una identificación de la línea base, comparando los datos reales de monitorización después de las intervenciones, y estima los ahorros logrados después de varios meses de seguimiento.

Palabras clave: Medida y Verficación, Edificios Energía Casi Nula, Cityfied, Eficiencia Energética, Red de Calor, Rehabilitación, IPMVP, Sistemas de Control, Envolvente Térmica

INTRODUCCIÓN

El proyecto europeo dentro del programa marco FP7, CITyFiED (CITyFiED, 2018) tiene como su principal objetivo la rehabilitación energética de distritos urbanos en varias ciudades europeas como son: Laguna de Duero-Valladolid (España), Soma (Turquía) y Lund (Suecia). Está enfocado en la reducción de la demanda de energía y emisiones de gases de efecto invernadero, incrementando el uso de energías renovables, y desarrollando metodologías para la renovación holística de distritos. La rehabilitación consiste en la mejora de la envolvente de los edificios con sistemas de aislamiento térmico por el exterior (SATE) y de los sistemas de calefacción de distrito (DH), la integración de fuentes de energía renovables y la implementación de plataformas de monitorización a nivel local (Vasallo et al, 2015). Además de la rehabilitación, uno de los aspectos importantes es la monitorización de los consumos y la gestión, por ello, uno de los objetivos de CITyFiED es dotar a los distintos agentes involucrados en el proyecto de soluciones TIC por medio de las cuales puedan conocer y evaluar el consumo energético, asociándolo a su coste económico y su impacto medioambiental. Así, junto a las medidas de rehabilitación implementadas, se han instalado un conjunto de sistemas a nivel de distrito, edificio y vivienda que permiten medir el consumo energético, con la idea de almacenar, analizar y visualizar los datos de cada demostrador, y facilitar la toma de decisiones sobre el uso de los distintos sistemas energéticos. La evaluación del rendimiento se realiza mediante una serie de indicadores (KPI), los cuales ayudaran a la verificación y medida de los ahorros energéticos y reducción de las emisiones de CO_2. Esta comunicación presenta el plan de medida y verificación tomando como referencia el Protocolo Internacional de Medida y Verificación (IPMVP, 2012), desarrollado para la estimación de los ahorros energéticos logrados debido a la rehabilitación energética del distrito de Torrelago, después de varios meses de funcionamiento.

DISTRITO TORRELAGO

El distrito de Torrelago se ubica dentro del área metropolitana de Valladolid, en el municipio de Laguna de Duero. Está formado por 31 edificios de 12 alturas sobre planta baja, con 4 viviendas de aproximadamente 100 m2 cada una. El conjunto de intervención está formado por dos comunidades de vecinos de titularidad privada que fueron construidos en distintas fases entre 1.978 y 1.981 encontrándose dividido en dos fases de 12 y 19 edificios, conformando la envolvente rojiza cerámica de los bloques para dar respuesta a más de 4.000 vecinos, 1488 viviendas, y alrededor de 143.000 m^2 (Martín et al, 2015). El sistema inicial de calor estaba compuesto por dos redes independientes alimentadas por gas natural. La primera suministraba a los 12 edificios de la Fase1, y la segunda, a los 19 edificios restantes, Fase2.

Figura 1. Distrito de Torrelago.

Las medidas de ahorro energético implementadas en Torrelago y los detalles de cada una se presentan a continuación:

- Mejora de fachada: El distrito disponíade una fachada multicapa con una transmitancia de U=1.36 W/m^2°C, estando fuera de las exigencias actuales en obra nueva, U ≤ 0.66 W/m^2·°C, del código técnico de la edificación (CTE, 2017) para la zona climática de Laguna. La medida que se implementa consiste en un aislamiento térmico por el exterior de 8cm de espesor, que reduce la tramitancia a un valor de U=0.339 W/m^2·°C, estimando una disminución del 40% del consumo energético.
- Sistema de generación térmica: El sistema de generación se ha rehabilitado completamente, estando el original constituido por dos fases completamente independientes, la Fase 1 con dos calderas de gas de 2.7 y 3.3 MW, y la Fase 2 con una caldera de gas de 2.9 MW. La mejora ha consistido en la unión de la dos centrales y los anillos de distribución, siendo un único sistema que mejora la gestión y demanda del ditrito. Se han cambiado las dos calderas de la Fase 1 de gas a tres calderas de biomasa de astilla forestal con una potencia de 3.5 MW, y se ha instalado un deposito de inercia de 25m^3. Además, se han cambiado las bombas de flujo constante, por bombas de flujo variable. Por otro lado, en la sala de calderas de la Fase 2 se mantienen las calderas de gas originales para dar apoyo a las calderas de biomasa, durante los picos de demanda de potencia o durante los arranques del sistema.
- Sistema de distribución: En el sistema de distribución se ha instalado un intecambiador de calor de 350 kW, un depósito de agua caliente sanitaria de 1 m^3 en cada subestación, y unas válvulas de equilibrado hidráulico. En todas las subcentrales, se han instalado válvulas de equilibrado hidráulico permitiendo ajustar la temperatura de impulsión del agua en cada edificio, según la temperatura exterior. Otra medida a este nivel, ha sido la reducción de la temperatura de almacenamiento de los depósitos de ACS de 65ºC a 54ºC. Finalmente, se introduce una regulación de los grupos de bombeo de calefacción de cada edificio para trabajar a presión constante, reduciendo la velocidad de giro de las bombas en momentos de menor demanda. Además, se ha instalado una planta de cogeneración con una potencia de 73kWter y 33kWele.
- Soluciones TIC: Las medidas TIC se han implementado en el hogar, edificio y distrito., A nivel de hogar (HEMS), se han instalado equipos y sensores para recoger datos de consumo energético (eléctrico y térmico) y datos de confort (temperatura). A nivel de edificio (BEMS) y de distrito (DEMS), el sistema SCADA recoge todos los datos de consumo y producción energéticos en términos de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS), así como las variables de demanda (temperatura, caudal y acumulación de energía) de la red de calor de distrito, con el objetivo de gestionar la producción y demanda e incrementar los ahorros energéticos.

MONITORIZACIÓN

Dentro de la rehabilitación del distrito térmico de Torrelago, se ha mejorado toda la red de monitorización con el objetivo de optimizar la gestión de la producción y demanda de la energía. Para ello, se han instalado alrededor de 350 sensores, que permiten controlar los arranques y paradas, detección de fallos, gestión de válvulas, etc. En la Figura 2 se ven dos imágenes del sistema de monitorización instalado.

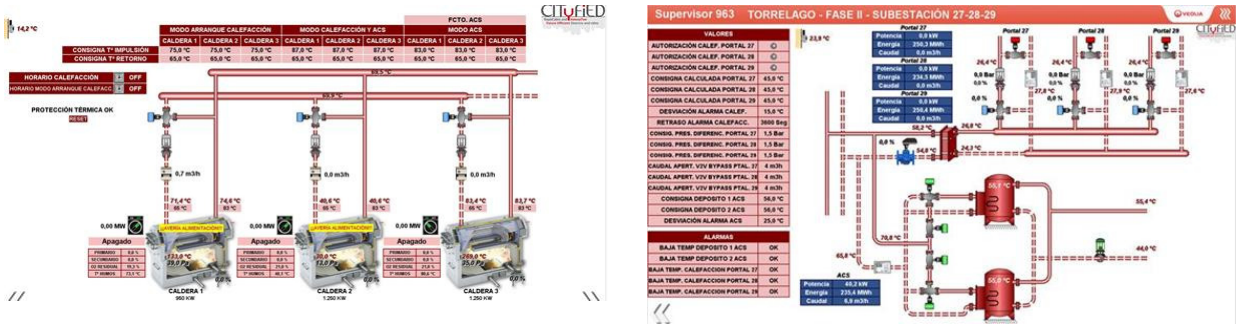


Figura 2. SCADA del sistema de generación y distribución del distrito Torrelago.

MEDIDA Y VERIFICACIÓN

El principal objetivo de este trabajo es presentar los ahorros energéticos obtenidos durante los primeros meses después de las intervenciones realizadas en el distrito de Torrelago. A continuación, se define el plan de medida y verificación, siguiendo las indicaciones del Protocolo Internacional de Medida y Verificación IPMVP. Tomando como referencia el IPMVP, se define la opción C "Verificación de toda la instalación", para estimar los ahorros energéticos, tomando como motivos: los ahorros estimados mayores al 10%, implementado varias medidas de ahorro energético, siendo los efectos cruzados significativos y no pudiéndose medir, disponiendo de los consumos durante el periodo de referencia, y midiéndose los consumos globales. El límite de medida será todo el distrito a partir de los contadores generales.

1. Periodo de referencia: Una de las partes más importantes al momento de calcular los ahorros energéticos es identificar el comportamiento de las instalaciones antes de las intervenciones, lo cual se conoce como el periodo de referencia. Esto significa disponer de los consumos energéticos y de todas las características de los edificios. La imagen de la derecha de la figura 3 presenta los consumos de las dos Fases desde junio 2009 a 2014.

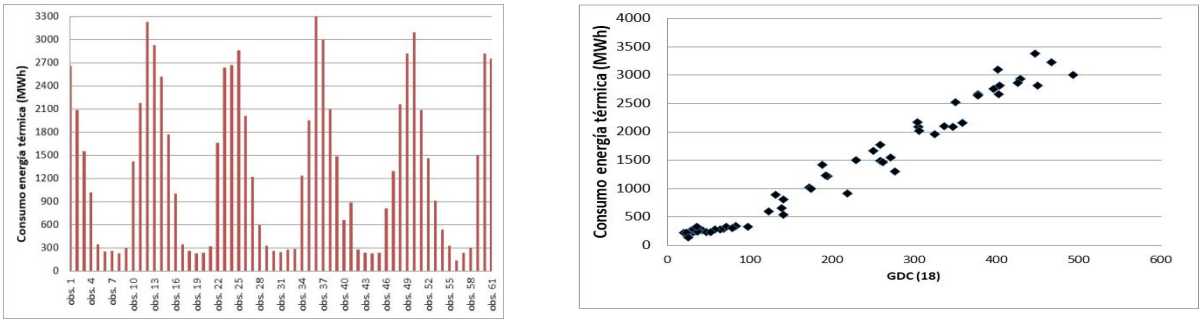


Figura 3. Consumos energéticos durante el periodo de referencia 2009 -2014.

El consumo energético térmico del distrito, y por tanto la producción de energía, depende de las condiciones climatológicas, particularmente de la temperatura exterior. La variable que se ha seleccionado para identificar ese grado de dependencia es la más común, con los Grados día de Calefacción (GDC). Los grados día de calefacción, cuantifican la diferencia entre la temperatura exterior y la temperatura base seleccionada, para este caso, han sido 18ºC, representado así que por debajo de esta temperatura hay demanda de calefacción. En la figura 3, izquierda, se representa la relación entre los consumos energéticos y los grados dia de calefacción para esos mismos periodos, y como se había dicho anteriormente, se ve la relación que hay entre las dos variables.

2. Modelo matemático del periodo de referencia: El modelo matemático permite estimar el consumo de energía del distrito durante el periodo rehabilitado si no se hubieran hecho las medidas. Este modelo se obtiene a partir de los consumos energéticos antes de las intervenciones y las variables independientes o aquellas que tienen una influencia directa en el consumo, como se puede ver en la figura 3, y como se mencionó anteriormente, los grados

días de calefacción tienen una fuerte relación con el consumo, y se puede considerar como variable independiente, pero también se percibe una influencia estacional, pues con grados día menores a 100 que corresponde a la época de verano, la pendiente es diferente al periodo de invierno. Teniendo en cuenta la variable estacional (M=0 cuando es invierno, M=1 cuando sea verano), se obtiene el siguiente modelo, con un ajuste del 97,5%.

$$E\ [MWh] = -305.44 + 7.47 \cdot HDD + 498.72 \cdot M - 5.92 \cdot M \cdot HDD + \varepsilon$$

En la figura 4 se grafíca la energía térmica consumida y la energía térmica estimada, y se puede ver como el modelo representa con alta precisión y una baja varianza el consumo real, por ello, se puede dar el modelo por válido. Para el modelo, se consideran los meses de junio, julio y agosto, como los meses de verano.

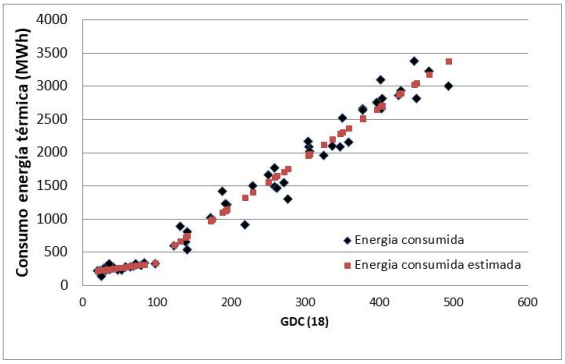


Figura 4. Comparación entre los consumos medidos y estimados por el modelo.

RESULTADO DE LA INTERVENCIÓN

Para medir el desempeño de la instalación durante los primeros meses y siguiendo el plan de medida y verificación se han definido unos indicadoresque permiten estimar la energía consumida, los ahorros energéticos, la energía primaria y las emisiones de gases de efecto invernadero. En la Tabla I se listan los indicadores con la descripción.

KPI	*Descripción*	*Unidades*
Energía consumida	*Energía térmica final usada por metro cuadro mes. Este indicador permite medir la eficiencia energética del distrito.*	*[kWh/m^{2}mes]*
Ahorro energético	*Este indicador permite determinar la reducción en el consumo de energía térmica después de las intervenciones, comparado con el consumo energético en el periodo de referencia.*	*[%]*
Energía primaria consumida	*Toda la energía consumida antes de ser transformada. Se ha considerado la energía que proviene de biomasa, gas natural y la eficiencia de las calderas.*	*[kWhEp/m^2 mes]*
Emisiones de CO_2	*Total de gases de efecto invernadero emitidos debido al consumo de energía térmica del distrito*	*[kgCO_2eq/m^{2}mes]*

Tabla I. Indicadores de desempeño del distrito.

- Ahorros energéticos: Para estimar los ahorros energéticos obtenidos durantes los primeros meses después de la rehabilitación, se ha hecho una comparación entre el consumo energético medido y el consumo energético ajustado de acuerdo al modelo matemático obtenido anteriormente, en la Figura 5 se muestra la comparación.

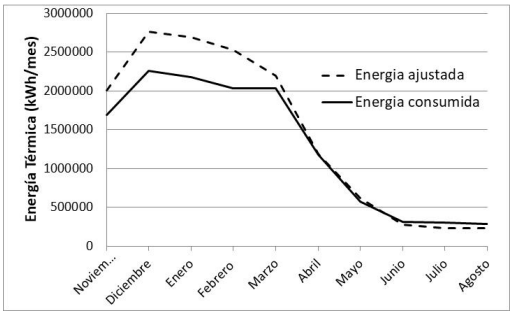


Figura 5. Consumo energía ajustado vs energía consumida.

Durante los meses de invierno los ahorros están entre un 20 y 25% mensual, que están por debajo de los esperados del 50%, pero es importante remarcar que hasta marzo no se habían rehabilitado todas las fachadas y todavía se están haciendo ajustes del sistema de gestión, y por tanto se espera que los ahorros aumenten en el próximo invierno. En estos 10 meses de monitorización se han obtenido unos ahorros del 13%.

- Indicadores de sostenibilidad: Teniendo los consumos energéticos y aunque no se considera dentro de la medida y verificación, se ha hecho una estimación de los ahorros de energía primaria y las emisiones de CO_2 evitadas debido a la rehabilitación hecha.

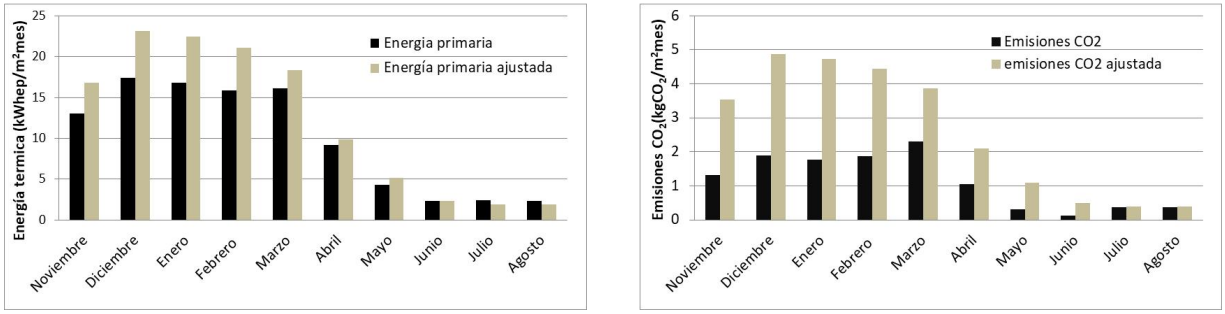


Figura 6. Indicadores de sostenibilidad del distrito.

En la Figura 6, izquierda, se hace la comparación del consumo de energía primaria para todos los meses, como resultado, se ha reducido en un 20% el consumo de energía primaria. Respecto a las emisiones de CO_2 (Figura 6, derecha) se han evitado en un 56% las emisiones de CO_2, como consecuencia del cambio de combustible y la instalación de sistemas más eficientes.

CONCLUSIONES

Gracias a la rehabilitación energética implementada en el distrito de Torrelago han disminuido las emisiones de CO_2 en un 56%, demostrando que, aunque no se haya llegado por ahora a los ahorros esperados, el impacto ambiental en la zona es muy importante. Se ha desarrollado un modelo matemático que permite estimar los ahorros, con una precisión del 97%. Durante estos primeros meses no se han obtenido los ahorros esperados, aunque es importante destacar que para los resultados presentados en esta comunicación no estaba terminada toda la rehabilitación, por lo que para el próximo invierno los ahorros serán mayores y más actualizados acercándose a la realidad del distrito.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación ha sido financiado por la Comisión Europea, a través del Séptimo Programa Marco bajo el proyecto de investigación CITyFiED (RepliCable and InnovaTive Future Efficient Districts and Cities), cuyo Grant Agreement es el nº: 609129.

REFERENCIAS

- CITyFiED Project, http://www.cityfied.eu/, 2018
- Vasallo A., Martín A., Gutiérrez S., Méndez E., Urra I., Martínez A., Larrinaga F., Arenaza-Nuño I. & Fernández E., "Proyecto Europeo CITyFiED. Estrategia para la rehabilitación y transformación de espacios residenciales urbanos en áreas de energía casi nula" I Congreso de Ciudades Inteligentes, Madrid, 2015.
- Martín I., Martín J., Barrientos JL."Proyecto de intervención a nivel distrito residencial para la mejora de la Eficiencia Energética de más de 4.000 ciudadanos en España." I Congreso de Ciudades Inteligentes, Madrid, 2015.
- Protocolo Internacional de Medida y Verificación. EVO, 2012
- Código técnico de la edificación. Documento Básio Ahorro de energía, 2017

INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A MEDICIÓN DE INFILTRACIONES

Andrés Royuela del Val, Investigador en formación, GIR Arquitectura & Energía, Universidad de Valladolid
Miguel Ángel Padilla Marcos, Profesor Ayudante Doctor, GIR Arquitectura & Energía, Universidad de Valladolid
Alberto Meiss, Profesor Contratado Doctor, GIR Arquitectura & Energía, Universidad de Valladolid
Jesús Feijó Muñoz, Catedrático de Universidad, GIR Arquitectura & Energía, Universidad de Valladolid

Resumen: La utilización de técnicas de aprendizaje automático para inferir con precisión características del edificio a partir de condicionantes sin relación directa, abre un mundo de posibilidades en la supervisión y control de las edificaciones. En la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid, en el Proyecto de Investigación *INFILES se* están desarrollando técnicas basadas en estos algoritmos que permiten determinar el caudal de infiltración de aire, y por tanto pérdida de energía, a partir de información termográfica. El objetivo consiste en obtener sistemas de monitorización y control instantáneos, de bajo coste y fáciles de integrar, con los que realizar una supervisión del edificio y garantizar el nivel prestacional a la vez que se optimiza el consumo de recursos naturales durante su funcionamiento. En última instancia esta línea de trabajo apunta a utilizar esta tecnología como catalizador para la implementación de técnicas de optimización energética conocidas en edificación, que sin embargo no alcanzan una amplia difusión o son infrautilizadas durante la vida del edificio debido a la complejidad de su gestión y mantenimiento.

Palabras clave: Ventilación, Infiltraciones, Eficiencia, Inteligencia Artificial, Control, Monitorización, Mantenimiento, Gestión, Optimización

INTRODUCCIÓN

En el Grupo de Investigación Reconocido Arquitectura & Energía de la Universidad de Valladolid, dentro del proyecto Nacional de investigación INFILES, se está investigando con inteligencia artificial para la medición y supervisión de las pérdidas de energía producto de las infiltraciones de aire incontroladas en edificios.

E. Barreira et al. [1] observaron que las infiltraciones de aire provocan cambios térmicos en las superficies próximas que tienen relación con los cambios de diferencial de presión y por tanto con la cantidad de entrada de aire. Posteriormente C. Lerma et al. [2] estudiaron las posibilidades de la termografía activa para la evaluación de las infiltraciones de aire, determinando que incrementa el contraste térmico lo que mejora la apreciación del fenómeno. Sin embargo, la cuantificación de la hermeticidad o del caudal infiltrado a raíz de estas observaciones es una tarea difícil. Las posibilidades que ofrecen los algoritmos de aprendizaje automático para resolver problemas de regresión basados en hipótesis de partida complejas los hace idóneos para interpretar el comportamiento de los edificios en entornos cambiantes. Desde hace tiempo se han realizado pruebas con este tipo de algoritmos en edificios, por ejemplo, para la predicción del consumo horario de energía [3], y más recientemente para la predicción de condiciones ambientales interiores derivadas de parámetros externos, como la predicción de la temperatura central interior de un espacio dos horas después de la temperatura superficial de fachada [4].

Nuestra investigación propone la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático para la determinación precisa del caudal ventilado, observando los cambios térmicos durante la infiltración de aire. Como resultado, se ha llegado a una técnica para determinar el caudal de infiltración global de un espacio a partir de datos térmicos provenientes de una fisura controlada en la envolvente, alcanzando precisiones superiores al 95%.

Estos resultados ponen de manifiesto las posibilidades de esta tecnología en edificación, donde podrían aportar valiosa información para la gestión integral de edificios. Al final del artículo esbozamos algunas de las aportaciones previsibles.

DESCRIPCIÓN Y METODOLOGÍA

Objetivo de la técnica: inferencia de caudal ventilado

La técnica desarrollada consiste en la inferencia del caudal ventilado en un espacio a partir de datos sin relación directa, como es el cambio de temperatura provocado por el intercambio de aire a distintas temperaturas en una abertura controlada.

Instrumentación

Los ensayos se han desarrollado en el Laboratorio de Ventilación HS3 de la ETS de Arquitectura de la Universidad de Valladolid, en una cámara de ensayo. Se ha utilizado un sistema de adquisición de datos compuesto por dos registradores de datos multisensor para la monitorización del caudal de aire que atraviesa la cámara y la temperatura de entrada y salida.

La cámara de ensayo es estanca para garantizar una entrada y salida de aire equivalente en las dos aberturas practicadas. Dispone de un sistema de calefactación mediante suelo radiante de baja potencia que no genera movimientos de aire forzados provocados por ventiladores de fancoils o corrientes de convección de radiadores. Ello permite adaptar las condiciones térmicas de temperatura en la cámara para la generación de imágenes térmicas en las condiciones cambiantes. Para la captatación de las imágenes infrarrojas se ha utilizado una cámara Flir E75, con una resolución de salida de 320 x 240 puntos. Las aberturas de aire normalizadas se han fabricado mediante impresión 3D en plástico termofusible PLA, para garantizar unas dimensiones de orificio precisas.

Figura 1. Cámara de ensayo estanca en Laboratorio de Ventilación HS3 de la ETSA Universidad de Valladolid.

Configuración de los ensayos

Para la medición de la estela térmica generada por la entrada de aire, se ha dispuesto una ranura para la admisión de aire a la cámara (fig. 4), con unas dimensiones de paso de 100 x 2 mm, 200 mm2, sobre la que se ha emplazado la superficie de representación. Esta superficie consistente en un panel negro no reflectante con elevado factor de emisividad térmica (ε = 0.9).

Figura 2. Posición de la superficie de representación sobre la abertura de entrada de aire y escudo térmico bajo cámara termográfica.

Debido a su alta emisividad, los cambios de temperatura provocados por el aire en la superficie de monitorización son rápidamente captados por la cámara infrarroja. Para evitar la influencia de la radiación generada por el suelo radiante sobre la superficie monitorizada ha sido necesaria la incorporación de un escudo térmico basado en el ejemplo del

radiador Lambert. Éste evita su calentamiento por encima de la temperatura ambiental en el interior de la cámara debido a la radiación térmica procedente del generador térmico (suelo).

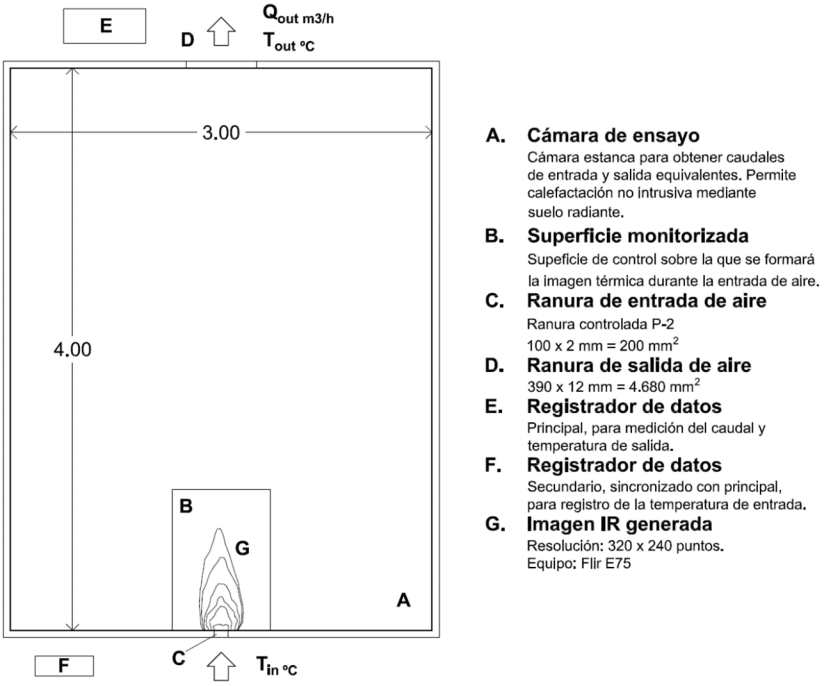


Figura 3. Esquema funcional de la cámara estanca durante los ensayos. Q_{out}: punto de medición de caudal de aire. T_{out}: temperatura del aire saliente. T_{in}: temperatura del aire entrante.

La superficie de monitorización se ubica 5 mm sobre la abertura normalizada P-2 (fig. 4), lo que permite el cambio de temperatura de la superficie según el aire entrante a la vez que evita que el flujo de aire se vea alterado significativamente al pasar la abertura. Esto genera unas imágenes térmicas como las que se pueden observar en la figura 5. Para el entrenamiento del algoritmo de inteligencia artificial se ha reducido la resolución de la imagen para evitar tiempos de cálculo innecesariamente largos.

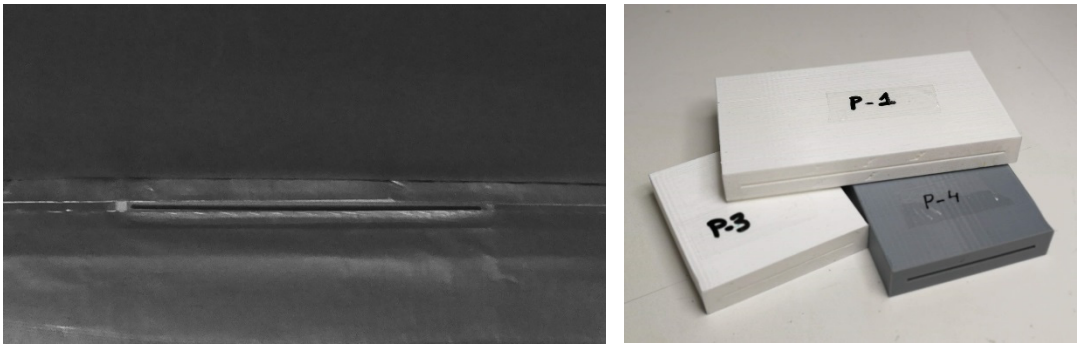


Figura 4. Ranura P-2 instalada en la cámara y otras ranuras normalizadas.

Toma de datos

Se realizaron 3 ensayos de diferente duración para la obtención de las imágenes. En todos ellos se fue aumentando el caudal de paso por la cámara progresivamente, para después disminuirlo y en una última fase hacer cambios aleatorios del caudal. Los ensayos fueron de 2, 4 y 6 horas respectivamente, alcanzando en el mayor de ellos 21.000 muestras.

- Datos registrados:

- Imagen térmica sobre superficie de representación
- Temperatura de aire en la admisión
- Temperatura de aire en la extracción
- Caudal, tomado en la abertura de extracción
- Valores:
- 21.000 muestras de cada tipo en el mayor ensayo (en secuencia contínua): imágenes de termografía Infrarroja (IR), distribución de temperatura y caudal de aire.
- Rango de caudal promovido: 0.00 a 37.88 m^3/h
- Rango de temperaturas del aire en la cámara: 24.69 a 29.64 ^oC
- Rango de temperaturas de aire de admisión: 24.69 a 26.00 ^oC

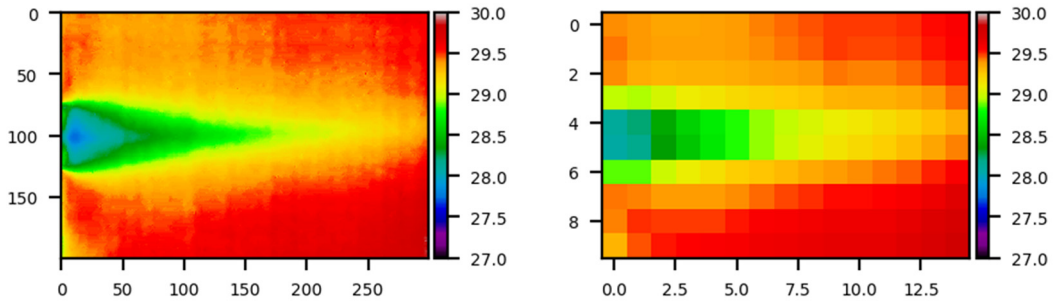


Figura 5. Imagen térmica formada por la temperatura del aire infiltrado sobre superficie. Versiones original y simplificada.

Red Neuronal utilizada

El algoritmo de aprendizaje automático utilizado consiste en una red neuronal densa, con una capa de entrada compuesta de 152 unidades, compuesta de 150 píxeles térmicos y dos entradas externas correspondientes con las temperaturas del aire en la admisión y en su extracción, dos capas ocultas cada una con 512 unidades y una capa de salida con una única unidad que aporta el valor del caudal inferido. El entrenamiento de la red se ha efectuado con una estación de trabajo HP Z820 de altas prestaciones computacionales.

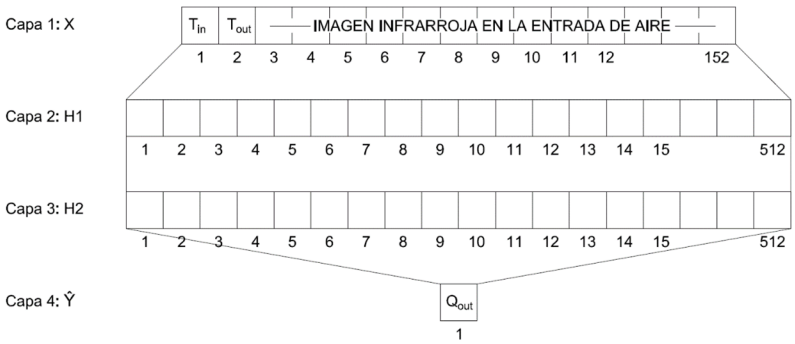


Figura 6. Esquema red neuronal utilizada para la inferencia de caudal.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos aportan un error promedio de 0.28 m^3/h, lo que supone un 2.33% del rango representado en el conjunto de datos de test: más de 5000 muestras que no se utilizaron para entrenar el algoritmo. Es previsible que la precisión aumente cuando se corrijan problemas derivados de imprecisiones de medición de caudal en las franjas bajas del rango (por debajo de 2.00 m^3/h). Si nos ceñimos al intervalo medio del rango, entre 2.50 y 9.00 m^3/h, los resultados son mucho mejores, con errores por debajo del 1.00% del caudal medido.

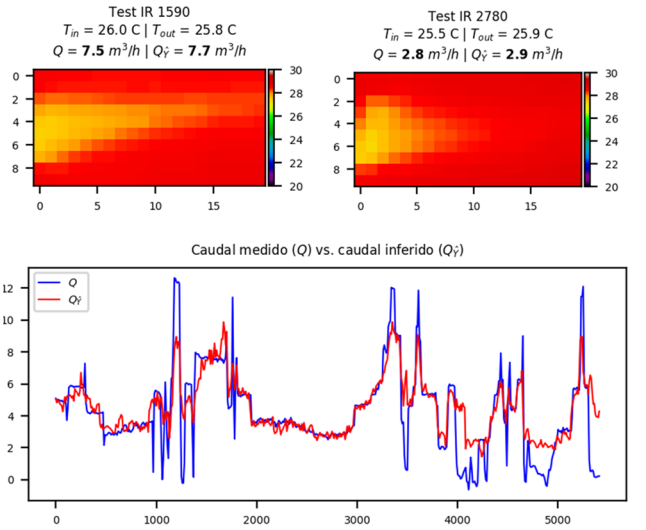


Figura 7. Resultados del algoritmo de inferencia.

En las muestras de la figura 7 se pueden observar los valores termográficos, de temperatura del aire utilizados como entrada, los valores de caudal (Q) medidos que se corresponden con lo que el programa debería inferir, y los valores de caudal inferidos por el algoritmo (QŶ).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que la inferencia de propiedades difíciles de medir, como las pérdidas térmicas debidas a infiltraciones, es posible mediante la medición de otros parámetros más fáciles de controlar, como es la variación de temperatura en distintos puntos de las proximidades de una abertura. Esta técnica podría habilitar procedimientos de supervisión de las edificaciones que, si bien pueden ser complementarios a otros vigentes como los ensayos realizados por técnicas consolidads como la Blower Door, también pueden prestar servicio en un contexto distinto, como es la monitorización permanente de edificios.

Retos y generalización de la técnica

Una de las principales dificultades que nos encontramos a la hora de incorporar algoritmos de inteligencia artificial en aplicaciones reales es la capacidad de generalización. Deben realizarse más ensayos con situaciones distintas para obtener un algoritmo capaz de inferir el caudal ventilado con mediciones térmicas (no necesariamente mediante termografías), en ranuras normalizadas situadas en espacios de distinta naturaleza y uso. La utilización de redes profundas (con más capas ocultas) permitiría extender su aplicación.

Aplicaciones paralelas en edificación

Actualmente tenemos una gran disponibilidad de tecnologías de medición, comunicación y computación que facilitan la monitorización del comportamiento de los edificios y su actividad [5]. Por otra parte, disponemos de tecnologías edificatorias avanzadas, con numerosos tipos de instalaciones de climatización, procedimientos constructivos y herramientas de diseño. Sin embargo, la adquisición y procesamiento de la información, al igual que la gestión de las instalaciones más avanzadas, es una tarea compleja técnicamente, que provoca que el traslado tecnológico de la experimentación al mercado edificatorio sea lento y en ocasiones se vea truncado en las edificaciones más limitadas presupuestariamente. Una dificultad añadida es la integración de distintos sistemas de manera que funcionen complementaria y coherentemente entre sí.

La incorporación del aprendizaje automático en este proceso de gestión de la información puede tener un impacto relevante. Puede aportar simplicidad en la gestión de equipos complejos, la detección de anomalías, o autoregulación del consumo energético. En el campo científico permitiría ahondar en el conocimiento de propiedades de los edificios difíciles de determinar en la actualidad, como la influencia en el consumo de la inercia térmica, los regímenes de uso y los tipos constructivos en distintas situaciones. En el campo del control y gestión, optimizaría el uso de instalaciones

y energía en edificios con sistemas complejos, permitiendo la incorporación de técnicas avanzadas y sistemas pasivos donde actualmente no se instalan por incapacidad de gestión durante la vida útil del edificio, o donde están infrautilizados. Por ejemplo, la inteligencia artificial simplificaría sustancialmente la gestión integral de elementos pasivos de captación, sombreamiento, freecooling, tubos canadienses, etc., en combinación con las instalaciones de climatización convencionales. Hay investigaciones sobre novedosos métodos de control para sistemas termoactivos [6], sistemas HVAC [7], si bien sólo un sistema inteligente haría viable una gestión integral. Permitiría además el autoajuste de la tecnología existente, como curvas de encendido en calderas, o utilización de las bombas de agua y válvulas proporcionales que en numerosas ocasiones acaban utilizándose sin el procedimiento de control óptimo.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha desarrollado en el marco del proyecto Nacional de I+D+i INFILES: “Repercusión Energética de la permeabilidad del aire de los edificios residenciales en España. Estudio y caracterización de sus infiltraciones”, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (referencia BIA2015-64321-R).

REFERENCIAS

[1] E. Barreira, R. M. S. F. Almeida, and M. Moreira, “An infrared thermography passive approach to assess the effect of leakage points in buildings,” *Energy Build.*, vol. 140, pp. 224–235, Apr. 2017.

[2] C. Lerma, E. Barreira, and R. M. S. F. Almeida, “A discussion concerning active infrared thermography in the evaluation of buildings air infiltration,” *Energy Build.*, vol. 168, pp. 56–66, Jun. 2018.

[3] P. A. González and J. M. Zamarreño, “Prediction of hourly energy consumption in buildings based on a feedback artificial neural network,” *Energy Build.*, vol. 37, no. 6, pp. 595–601, 2005.

[4] N. Attoue, I. Shahrour, and R. Younes, “Smart Building: Use of the Artificial Neural Network Approach for Indoor Temperature Forecasting,” *Energies*, 2018.

[5] A. S. Ali, Z. Zanzinger, D. Debose, and B. Stephens, “Open Source Building Science Sensors (OSBSS): A low-cost Arduino-based platform for long-term indoor environmental data collection,” *Build. Environ.*, vol. 100, pp. 114–126, 2016.

[6] M. Schmelas, T. Feldmann, and E. Bollin, “Adaptive predictive control of thermo-active building systems (TABS) based on a multiple regression algorithm,” *Energy Build.*, vol. 103, pp. 14–28, 2015.

[7] M. Razmara, M. Maasoumy, M. Shahbakhti, and R. D. Robinett, “Optimal exergy control of building HVAC system,” *Appl. Energy*, vol. 156, pp. 555–565, 2015.

LEVEL(S): PROYECTO EUROPEO COMO SISTEMA DE INDICADORES DE RENDIMIENTO PRESTACIONAL DE LOS EDIFICIOS

Paula Rivas Hesse, Directora Técnica, Green Building Council España (GBCe)
Nicolás Bermejo Presa, Responsable Innovación, SAINT-GOBAIN
Dolores Huerta Carrascosa, Secretaria Técnica, Green Building Council España (GBCe)
Alberto Coloma Campal, Director Habitat, SAINT-GOBAIN

Resumen: En esta propuesta, se presentará un caso práctico real de una vivienda construida en Calicanto (Valencia) que se encuentra habitada y monitorizada 24h/365d y que forma parte de la fase de estudios piloto del proyecto europeo Level(s). Level(s) es un marco informativo que proporciona un lenguaje común en materia de sostenibilidad para el sector de la construcción, a través de una serie de indicadores que permiten medir el rendimiento prestacional de los edificios desde el punto de vista de la sostenibilidad a lo largo de su ciclo de vida. Abarca cinco macro-objetivos que engloban los principales retos europeos en materia de edificación sostenible, a saber: Emisiones de gases de efecto invernadero durante el ciclo de vida de un edificio; Uso eficiente de recursos y ciclo de vida circular de los materiales; Uso eficiente de los recursos hídricos; espacios saludables y confortables; adaptación y resiliencia al cambio climático, coste y valor del ciclo de vida.

Palabras clave: Sostenibilidad, Level(s), Monitorización, Economía Circular, Ciclo de Vida del Edificio, Declaración Ambiental de Producto, Medición de la Sostenibilidad

CONTEXTO GENERAL DEL PROYECTO

Level(s) es un marco voluntario de medición para mejorar la sostenibilidad de los edificios. Utilizando las normas existentes, Level(s) proporciona un enfoque de la Unión Europea para la evaluación del comportamiento medioambiental en el entorno construido. Level(s) ha sido desarrollado por la Comisión Europea en estrecha colaboración con los actores de la industria de la construcción, incluyendo a Skanska, Saint Gobain y Sustainable Building Alliance.El sector de la construcción es un gran consumidor de recursos en Europa. Utiliza alrededor de la mitad de todos los materiales extraídos, la mitad de toda la energía consumida y un tercio de toda el agua que se utiliza, y genera un tercio del total de residuos. Esta es la razón por la que la construcción es un objetivo clave de la política de la Comisión Europea para una economía circular, que consiste en un sistema económico regenerativo que reduce al mínimo el consumo de recursos y de energía. Level(s) contribuye a la economía circular, ofreciendo un procedimiento por etapas para la evaluación del ciclo de vida a través de una serie de indicadores, sin olvidar otros aspectos clave como el confort y la salud, la gestión del agua o la resiliencia al cambio climático.

Para este proyecto, GBCe y SAINT-GOBAIN se encuentran trabajando conjuntamente en el cálculo y preparación de todos los indicadores necesarios requeridos en Level(s). Para ello, se ha seleccionado una vivienda unifamiliar situada en Calicanto (Valencia) llamada Villa Vera.

Figura 1. Detalle del exterior y sala de estar interior de la vivienda.

DESCRIPCIÓN DEL MARCO LEVEL(S)

Level(s), diseñado como marco común de la UE de indicadores básicos de sostenibilidad para edificios residenciales y de oficinas, ofrece un conjunto de indicadores y parámetros comunes para medir el comportamiento medioambiental de los edificios durante su ciclo de vida. Además de estudiar el comportamiento medioambiental, que es su principal

objetivo, también permite evaluar otros aspectos clave a tener en cuenta en la sostenibilidad al utilizar indicadores vinculados a la salud y el bienestar, el coste del ciclo de vida y los posibles futuros riesgos para el comportamiento.

Estructura de los indicadores Level(s)		
Comportamiento medioambiental	Salud y bienestar	Costes, valor y riesgos
1. Huella de carbono en el ciclo de vida	4. Espacios saludables y confortables	5. Adaptación al cambio climático
1.1 Comportamiento energético en la fase de uso	4.1. Calidad del aire interior	5.1. Futuros escenarios climáticos
1.2. Potencial de calentamiento global en el ciclo de vida	4.2. Horas fuera de rango	6. Coste de ciclo de vida y valor de los inmuebles
2. Uso eficiente de recursos naturales	Indicadores potenciales: Iluminación y acústica	6.1. Coste del ciclo de vida
3.1. Inventario de materiales del edificio		6.2. Creación de valor y factores de riesgo
3.2. Durabilidad, adaptación y deconstrucción		
3.3. Residuos de la construcción y demolición		
4. Uso y gestión eficiente del agua		
4.1. Consumo de agua en fase de uso		

Tabla I. Estructura de indicadores en LEVELs.

El objetivo de Level(s) es ofrecer un marco común para hablar sobre la sostenibilidad de los edificios. Este marco, persigue facilitar la adopción de medidas a nivel de edificio que puedan contribuir claramente a la consecución de objetivos más generales de la política medioambiental europea. Está estructurado de la siguiente manera:

1. Macroobjetivos: un conjunto global de seis macroobjetivos para el marco Level(s) que contribuyen a la consecución de los objetivos de las políticas de la UE y de los Estados miembros en ámbitos como la energía, el uso de materiales y los residuos, el agua y la calidad del aire en interiores.
2. Indicadores básicos: un conjunto de nueve indicadores comunes para medir el comportamiento de los edificios que contribuyen a lograr cada uno de los macroobjetivos.
3. Herramientas relativas al ciclo de vida: un conjunto de cuatro herramientas para la generación de escenarios y una herramienta para la recogida de datos, además de una metodología de análisis del ciclo de vida (ACV) simplificada, diseñadas para respaldar un análisis más holístico del comportamiento de los edificios basado en un enfoque que abarque todo el ciclo de vida.
4. Calificación del valor y del riesgo: un sistema de listas de comprobación y calificación que ofrece información sobre la fiabilidad de las evaluaciones del comportamiento realizadas utilizando el marco Level(s).

Además, el marco Level(s) tiene como finalidad promover un enfoque que abarque todo el ciclo de vida. Guía a los usuarios desde un enfoque inicial centrado en aspectos individuales del comportamiento de los edificios hacia una perspectiva más holística, con el objetivo último de ampliar el uso que se realiza en Europa de dos herramientas esenciales: el análisis del ciclo de vida (ACV) y el análisis del coste del ciclo de vida (ACCV).

DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA

Villa Vera, ha sido desarrollada por Estudio 1403 con un claro compromiso con la arquitectura sostenible y la eficiencia energética mediante la combinación de diferentes estrategias pasivas y la instalación de equipos de elevada eficiencia, así como la monitorización del consumo de energía y agua mediante diferentes sensores en tiempo real. Todo ello ha permitido a Villa Vera obtener distintas certificaciones ambientales de edificios, siendo el primer edificio residencial en España en obtener este tipo de certificaciones. La construcción de Villa Vera empezó en 2012 y finalizó en 2014.

Villa Vera está formada por tres niveles debido a la pendiente del terreno, con un semi-sótano y dos plantas residenciales, con acceso directo desde el exterior en todos los niveles. La vivienda está diseñada para formar una unidad completa en la planta principal. El nivel principal está formado por un comedor, cocina, dos habitaciones, dos

baños y una habitación muti-uso. El despacho se encuentra situado en la planta superior. En el semi-sótano se encuentra situada la habitación de la instalación eléctrica y otros espacios sin uso definido hasta la fecha.

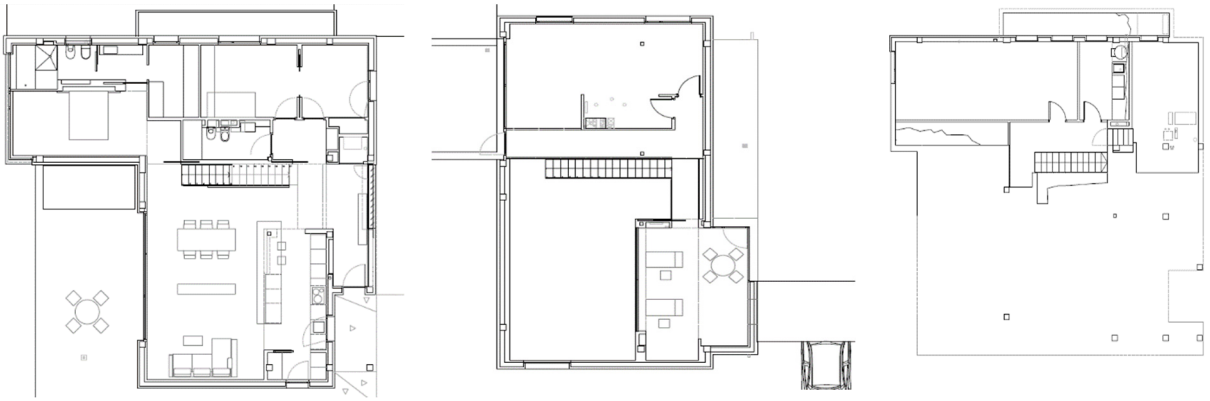


Figura 2. Detalles de plantas: de izquierda a derecha: planta principal, planta superior y planta sótano.

El emplazamiento de la parcela ha determinado la orientación de la vivienda y las estrategias adoptadas para aislar térmicamente el edificio. Además, la vivienda presenta altos niveles de iluminación natural y ventilación natural en todas las orientaciones.

RENDIMIENTO PRESTACIONAL: LA MONITORIZACIÓN

La implementación de medidas pasivas conduce a una drástica disminución de la demanda energética de calefacción y refrigeración y aporta, al mismo tiempo, una mejora en las condiciones de confort en el interior de los edificios. Para llegar al EECN, es necesario disminuir la demanda energética como paso previo a la definición de otra serie de medidas que garanticen las mínimas necesidades energéticas del edificio. Sin embargo, existen muchos parámetros adicionales que influyen en el confort del usuario final, además de la eficiencia energética, como son el confort acústico, el confort visual y la calidad del aire interior y que, junto con otra serie de indicadores, son necesarios de tener en cuenta a la hora de evaluar la sostenibilidad del edificio según LEVELs.

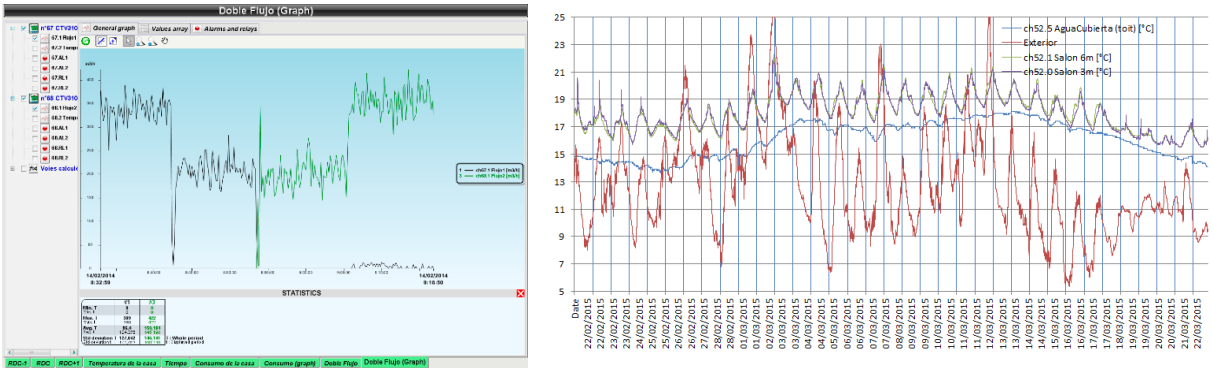


Figura 3. Software control de consumos y condiciones climáticas en tiempo real.

La vivienda, servirá como banco de pruebas para evaluar el comportamiento ambiental del edifico a través de la iniciativa Europea Level(s) pero también gracias a la monitorización, podemos determinar la respuesta del edificio ante las condiciones climáticas y los hábitos de los usuarios y además, comparar estos resultados con los derivados de los cálculos y estimaciones realizadas en proyecto. Por ello se han instalado sensores (termómetros, pyranómetros, veletas, anemómetros, PT100, medidores de C02, termohigrómetros, control de consumos energéticos en equipos y caudalimetros consumo de agua) tanto exteriores como interiores que registran periódicamente parámetros relativos a temperatura, humedad y calidad de aire, viento, así como en las

instalaciones para conocer el comportamiento real del edificio, su relación con el comportamiento de los usuarios y los consumos de energía y agua con el objetivo de analizar y extraer conclusiones de su funcionamiento. Esta monitorización además permite investigar y analizar cómo influyen determinados sistemas o elementos en el comportamiento energético global de la vivienda.

Figura 4. Equipos para la monitorización instalados.

CONCLUSIONES

Tras tres años de monitorizaciones realizadas en tiempo real, podemos establecer unos consumos medios de electricidad: 10,34 KWh/día repartidos entre climatización, iluminación, electrodomésticos y cocina un consumo de gas de 0,93 KWh/día ACS. Un consumo de agua: 290 l/día repartidos en 190 l/día en la vivienda y 100 l/día en riego y limpieza.

Pudiendo destacar las siguientes conclusiones:

- La monitorización a través de mediciones en tiempo real permite entre otras entender el comportamiento real del edificio y por tanto ajustar su funcionamiento para obtener mejores prestaciones, mayor transparencia para el usuario y una mayor integración por parte del usuario en la toma de decisiones del comportamiento de su edificio.
- Gracias a la monitorización del edificio, es posible alcanzar el mayor grado de medición propuesto por Level(s) permitiendo realizar una comparación entre los resultados de la modelización, el rendimiento prestacional real del edificio y la verificación con el uso del mismo.
- Igualmente, la monitorización de este edifico, aporta un grado de confianza mayor en el proceso de desarrollo del proyecto y la consecución de los objetivos planteados.
- Si se quiere disponer de un análisis profundo del rendimiento prestacional de un edificio, es necesario disponer de un análisis del ciclo de vida del mismo tal y como preconiza levels dado que:
- El potencial de calentamiento global se concentra en la etapa de producto, es en la fabricación y elección de materiales donde más capacidad de mejora hay en el caso de viviendas altamente eficientes ya que predomina la etapa de fabricación frente a la de uso.
- El consumo energético está más repartido entre la etapa de producto y la etapa de uso, lo que indica una capacidad de mejora en la elección de fuentes energéticas en la etapa de producto.
- En términos generales, se puede decir que, al ser una vivienda diseñada y construida con altos estándares de calidad y muy alta eficiencia energética, se observa una Importancia creciente de los materiales: aumento del impacto relativo de los materiales y bajada del impacto de la etapa de uso (en % y valor absoluto).
- LEVELs permite realizar un análisis más holístico ya que incluye factores relacionados con la salud y el confort, aspectos económicos y economía circular.

REFERENCIAS

- http://ec.europa.eu/environment/eussd/buildings.htm
- LEVELs press reléase La Comisión lanza el primer instrumento a escala de la UE para la notificación del rendimiento de los edificios en materia de sostenibilidad
- LEVELs flyer Rendimiento de los edificios en materia de sostenibilidad
- LEVELs factsheet Comportamiento en cuanto a la sostenibilidad de los edificios
- ISO 14040:2006: Environmental Management-Life Cycle Assessment-Principles and framework.
- ISO 14044:2006: Environmental Management-Life Cycle Assessment-Requirements and guidelines. ISO
- PCR 2013:01 Prefabricated buildings v. 1.1.
- UNE-EN 15804:2012+A1:2013 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products.
- General Programme Instructions for the International EPD® System

ANÁLISIS Y ESTUDIO DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS RESIDENCIALES CON PROGRAMAS RECONOCIDOS

Pablo Carnero Melero, Responsable Energía, Azalea Solar Decathlon UPV-Universitat Politècnica de València (UPV)

Resumen: La cuantificación de la eficiencia energética de los edificios es vital a la hora de poder cumplir los compromisos medioambientales. Sin embargo, para llevar a cabo un correcto diagnóstico, se debe garantizar que las herramientas utilizadas describen efectivamente la realidad energética existente. El presente trabajo versa sobre el análisis y estudio comparativo de la modelización de dos edificios residenciales y el cálculo de sus demandas, llevado a cabo por los programas reconocidos para la certificación energética en España. Dichas herramientas informáticas serán comparadas entre ellas, dentro de los límites de la normativa, analizando las causas de las diferencias. Posteriormente, se realizará una contrastación con los resultados arrojados por el modelado del mismo tipo de edificios con el software de referencia EnergyPlus.

Palabras clave: Simulación, Edificio Residencial, Demanda, Programas Reconocidos, EnergyPlus, Certificación Energética

INTRODUCCIÓN A LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

La eficiencia energética en los edificios es un aspecto clave en el desarrollo de un mundo sostenible y, de un tiempo a esta parte, desde diferentes organismos legislativos se ha identificado no únicamente su problemática sino también su posibilidad y necesidad de mejora.

Desde la Directiva 1989/106/CE se estableció la necesidad de proyectar y construir los edificios y sus sistemas, con miras a tener un impacto energético moderado. Posteriormente, la Directiva 1993/76/CE, evidenció el elevado consumo de energía en el sector de la edificación de la Comunidad Europea, tanto residencial como terciario. Además, dicho documento sentó las bases de la certificación energética, entendida como una herramienta de diagnóstico energético de los edificios, tanto en fase de proyecto de nueva construcción o existentes. La Directiva 2002/91/CE siguió haciendo hincapié en la importancia de determinar la calidad energética del parque edificatorio europeo. Finalmente, a nivel nacional, el Real Decreto 2007/47 estableció los procedimientos concretos para la correcta calificación energética, aprobando los Documentos Reconocidos, entre los que se encontraba CALENER, la primera herramienta oficial de certificación energética en España. En el ámbito europeo, se publicó la Directiva 2010/31/UE y añadió algunos matices y consideraciones a cerca de la metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios. Fundamentalmente, estableció la necesidad de los procesos de certificación energética de los diferentes estados miembros, debían estar vinculados a un análisis dinámico y prolongado en el tiempo; es decir, las certificaciones energéticas deben partir de la base de una simulación energética.

En la última década, el desarrollo de la tecnología ha permitido el surgimiento de nuevas herramientas de simulación y certificación energética. Este hecho hace que surja la pregunta de si el diagnóstico energético realizado actualmente con las herramientas aprobadas por la legislación permite un fiel reflejo de la realidad de los edificios o no.

El objetivo de este trabajo es llevar a cabo una tarea de análisis exhaustivo y comparativo entre las diferentes opciones de certificación energética reconocidas por la normativa. Se analiza posibles diferencias en la definición y caracterización de la demanda energética en dos edificios residenciales, así como el ajuste o no a la normativa vigente en materia de certificación. Además, se genera un modelo original de los mismos mediante el programa informático EnergyPlus, que entrará también en la comparativa por ser considerado un programa de simulación de garantías por la comunidad científica. Por lo tanto, se tiene no únicamente un análisis que contesta a la pregunta ¿qué diferencias existen a la hora de certificar energéticamente un edificio residencial en España? Sino también a la pregunta de ¿qué software de certificación energética lleva a cabo una mejor simulación energética?

La intención de este estudio es evidenciar los puntos débiles que puedan existir, con el fin de promover el uso de las herramientas más fiables al alcance de los profesionales técnicos para facilitar un proyectado, construcción y operación de los edificios y sus sistemas de un modo sostenible, con mayor transparencia desde el punto de vista energético.

Aquellas cuestiones que no se traten en detalle en esta ponencia y deseen ser consultadas por los lectores, pueden ser dirigidas al Trabajo Final de Máster con el mismo título que la ponencia en el repositorio de la UPV.

PROCEDIMIENTO

El procedimiento seguido a la hora de realizar este trabajo ha sido el modelado, en cada uno de los programas objeto del análisis, de dos edificios residenciales representativos del parque edificatorio nacional, una vivienda unifamiliar adosada y un edificio de viviendas en bloque.

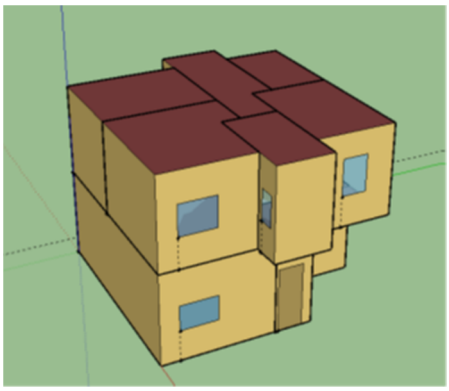


Figura 1. Vivienda unifamiliar. Elaboración propia.

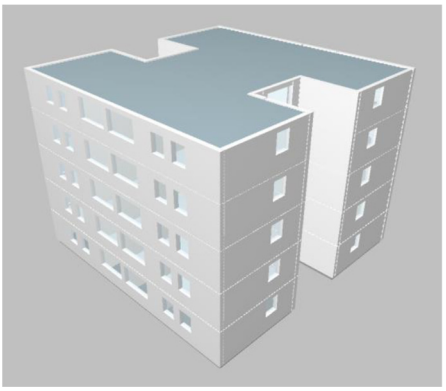


Figura 2. Vivienda en bloque. Elaboración propia.

Para llevar a cabo una definición equitativa entre los diferentes modelados con cada programa, se aúnan las características constructivas y condiciones operacionales, las cuales han sido definidas como las del edificio de referencia para la zona climática D3.

Conviene destacar que, para la mayoría de los programas analizados, la definición del edificio de referencia residencial objeto del estudio ha sido manual. Esto es así porque la legislación únicamente define el edificio de referencia para la tipología de terciario. Sin embargo, la traslación de las características constructivas y los perfiles de uso es sencilla.

Una vez se tienen las características constructivas, de funcionamiento y uso del edificio, se está en condición de abordar el cálculo de la demanda energética y, con la definición de sistemas, el consumo de energía final asociado. Para ello, conviene hacer hincapié, una vez más, en el carácter dinámico del análisis. Este dinamismo tiene especial importancia cuando se evalúan las características térmicas reales del edificio, como son la inercia térmica, los puentes térmicos, las infiltraciones o el funcionamiento a carga parcial de las instalaciones.

En el proceso de simulación energética de un edificio, básicamente, se tienen dos pasos, la realización del modelo del edificio, y el modelo de cálculo energético del mismo. El primero es la traducción de la geometría real del edificio al formato que puede entender el programa, y el segundo es la resolución de los fenómenos físicos que afecten al edificio mediante unos planteamientos matemáticos determinados. La definición de la realidad geométrica en el modelo del edificio mediante unos planos detallados, o mediante un conjunto de superficies y orientaciones condiciona que, por ejemplo, en el modelo se pueda determinar un cálculo radiante interior detallado mediante factores de forma.

Diferentes modos de realizar los modelos geométricos de la simulación energética; la consideración de uno u otro tipo de datos de entrada, la suposición de otros; los fenómenos físicos que se introducen en el modelo de cálculo, así como los procedimientos matemáticos aplicados dan lugar a diferentes programas de simulación.

La legislación establece un marco normativo a la hora de llevar a cabo la certificación; es decir, no cualquier procedimiento es válido para poder determinar la calificación energética de un edificio. Se tienen unas restricciones normativas que son ineludibles y, por lo tanto, comunes a todos los programas reconocidos; y hay unos aspectos donde se da mayor libertad a los procedimientos de cálculo. Dentro de estos límites es donde se desarrolla este trabajo.

Consideraciones de los programas reconocidos

Los programas reconocidos tienen una serie de hipótesis comunes en el modelado, referidas por el conocido como Documento Maestro. Este documento normativo establece las condiciones técnicas y de aceptación de los procedimientos reconocidos. Básicamente se establecen tres tipos de valores a considerar.

- Tipo 1.- Valores obligatorios, definidos reglamentariamente, o en otros documentos emitidos por el Ministerio de Fomento o Ministerio de Industria, Energía y Turismo, que deben adoptarse sin modificación.
- Tipo 2.- Valores ligados al procedimiento de cálculo que pueden ser modificados por otros obtenidos por procedimientos o fuentes de validez contrastada y con justificación específica, cuando estos resulten más coherentes con el procedimiento de cálculo utilizado.
- Tipo 3.- Valores relacionados con el proyecto o las soluciones del edificio existente, de los que se toman sus valores. En algunos casos, se aportan valores por defecto que se podrían adoptar en ausencia de datos específicos más ajustados a las condiciones del edificio." (IDAE 2009).

Las clases a la que aplican los tipos de datos anteriores y que deben ser consideradas por cualquier programa reconocido son solicitaciones exteriores; solicitaciones interiores y condiciones operacionales; condiciones de contorno en las superficies interiores y exteriores; transmisión y radiación en cerramientos opacos y el terreno; transmisión y radiación en huecos; renovación de aire y equipos.

Cada clase mencionada tiene algunos datos que son de tipo 1, otros de tipo 2 y otros de tipo 3. Conviene remarcar que aquellos datos de tipo 1 deben ser comunes a todos los programas de cálculo, dado que vienen fijados por la reglamentación; los de tipo 3 dependen del proyecto y no presentarán diferencias en el alcance de este trabajo, dado que se fijan las condiciones del edificio de referencia para la zona D3. Finalmente, aquellos datos de tipo 2 es donde puede existir cierta holgura, permitida por la normativa y, en última instancia son los que afectarán a los resultados finales con cada programa analizado.

No se entra en este documento al detalle de qué comprende cada variable asociada a cada clase por cuestiones de extensión. En el apartado siguiente se analizará aquellos puntos en los que los programas reconocidos, por exceso o por defecto, se desvían de la normativa en materia de certificación energética de edificios.

PROGRAMAS DE SIMULACIÓN

A continuación, se realiza un breve análisis sobre las consideraciones técnicas de cada programa reconocido.

Herramienta Unificada Líder-Calener (HULC)

HULC es el programa de referencia para la certificación energética de edificios nuevos o existentes. Por lo tanto, en lo referente a los parámetros a considerar, cumple con la normativa con solvencia en la mayoría de los apartados. Esta herramienta lleva a cabo una simulación energética.

Se detecta, sin embargo, que en lo que a solicitaciones exteriores respecta, el programa no hace uso de los ficheros climáticos oficiales, en formato *.MET, publicados por el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital en la página web oficial, sino que utiliza otros con otro formato y otros datos. Este error es común a todos de programas analizados y, grave, al tratarse de un dato de tipo 1. Se puede observar el detalle en la figura siguiente sobre la temperatura de bulbo seco, sucede algo análogo con el resto de las variables.

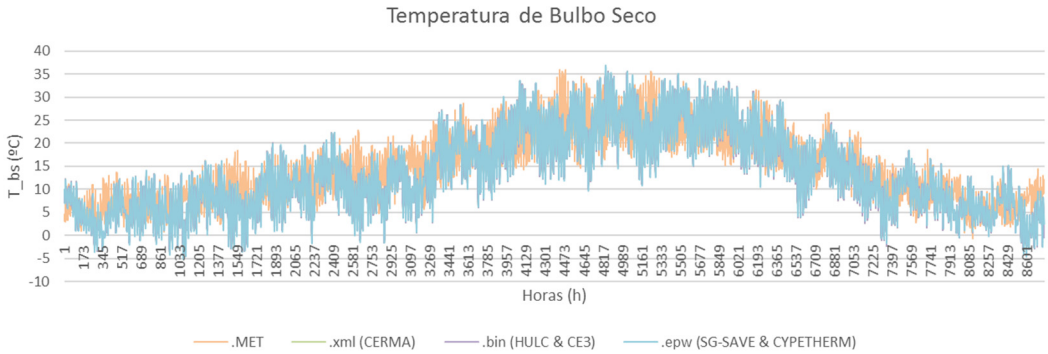


Figura 3. Comparativa entre ficheros climáticos de programas reconocidos. Elaboración propia.

CE3

CE3, a diferencia de HULC, es un procedimiento simplificado para la certificación de eficiencia energética de edificios existentes. Se trata de un programa que guarda multitud de similitudes con HULC en la interfaz gráfica, así como en la forma de tratar cierta información. También realiza una simulación energética.

Como se expuso en el subapartado anterior, CE3 también hace uso de los mismos ficheros climáticos asociados a las solicitaciones exteriores que HULC, en formato *.bin. Por lo tanto, comete el mismo error de no utilización de los oficiales. En lo relativo a la transmisión y radiación en cerramientos opacos y el terreno llama la atención la cantidad de errores de definición que han surgido en el modelado de sendos edificios. Además, se observa, consultando los fundamentos técnicos del programa, la excesiva simplificación realizada en la cuantificación de puentes térmicos. Únicamente se permite realizar una asignación de parámetros por defecto, desconocidos por el usuario y vinculados a la transmitancia global de los cerramientos opacos.

CE3X

CE3X es otro procedimiento simplificado de calificación energética de edificios existentes, recientemente complementado para ser habilitado para nueva construcción. Es muy importante remarcar que este software no realiza una simulación propiamente dicha del edificio que se define en el programa; sino que asemeja el edificio introducido, mediante unas variables adimensionales globales y un ajuste estadístico, a uno ya simulado previamente con el antiguo CALENER-VYP. Este hecho supone que el programa CE3X no analice la dinámica del edificio objeto, sino que realiza un ajuste sobre la dinámica que tiene un edificio tipo simulado en las capitales de provincia con un software de referencia.

CERMA

Este programa es una aplicación normativa para la calificación energética de edificios residenciales, tanto existentes como nuevos. Realiza una simulación energética, a diferencia de CE3X.

Las solicitaciones exteriores se solventan de un modo muy detallado en lo relativo al cálculo de sombras. Sin embargo, se tiene una situación similar a lo que sucedía con el resto de los programas contemplados; no se utilizan los ficheros climáticos normativos, sino otros en formato *.xml, muy similares a los de HULC. En lo relativo a las condiciones de contorno en las superficies no existen desviaciones de la normativa, salvo en la porción radiante de las cargas internas por ocupación y en el modelado del mobiliario. Dichas variaciones son permitidas por la norma, al ser datos de tipo 2.

CERMA presenta un punto muy favorable, la presentación de resultados. Desglosa cada intercambio de calor e identifica su procedencia, facilitando abordar medidas de mejora.

SG-SAVE

Recientemente, en el mes de julio de 2018, este programa desarrollado por la multinacional Saint Gobain, basado en una simulación energética con el motor de cálculo de EnergyPlus, usando las plataformas de SketchUp y OpenStudio, ha adquirido el rango de Documento Reconocido.

Esta aplicación normativa es la única de las existentes que permite realizar una generación directa del edificio de referencia residencial, dado que la legislación únicamente contempla el edificio de referencia para terciario. Para este análisis se ha aprovechado esta generación directa del edificio de referencia. Sin embargo, en la transición de SketchUp a OpenStudio presenta grandes incoherencias superficiales en la realización del modelo del edificio.

Las solicitaciones exteriores no son resueltas haciendo uso de los ficheros normativos, sino que se utilizan otros, en formato *.epw, que además difieren de los empleados por HULC. Las solicitaciones interiores y condiciones operacionales se resuelven, en la mayoría de apartados, de un modo incorrecto. Se tiene un desfase horario injustificado en las cargas internas por ocupación y no se modela en absoluto el sombreamiento normativo de ventanas. Estos dos incumplimientos normativos son graves, al tratarse de datos de tipo 1. Las condiciones de contorno en las superficies interiores y exteriores se resuelven, mayormente, de un modo correcto, yendo más allá de las limitaciones normativas en aquellos datos de tipo 2. Existen diferencias, no graves, en los porcentajes radiantes de las cargas por ocupantes, así como en la definición del mobiliario. La transmisión y radiación en cerramientos opacos y el terreno es correcta, salvo por el inexistente modelado de los puentes térmicos. La transmisión y radiación en huecos es correcta, salvo por el punto anteriormente mencionado del no sombreamiento de las ventanas en aquellos períodos que establece la normativa. Las renovaciones de aire son correctas, salvo por el modelado de las infiltraciones, que no

se modela y se asume como constante, ignorando los coeficientes exponenciales, establecidos como de tipo 1. Los equipos no presentan discrepancias normativas.

SG-SAVE ofrece una presentación de resultados con mayor detalle que CERMA.

CYPETHERM HE PLUS

De un modo similar a SG-SAVE, este software desarrollado por Cype Ingenieros, simula energéticamente con motor de cálculo de EnergyPlus, adquirió el rango de Documento Reconocido en julio de 2018. El programa hace uso de la metodología Building Information Modeling (en adelante, BIM). Por lo tanto, su geometría se ha de definir mediante este tipo de herramientas.

Para la definición de las solicitaciones exteriores, el programa hace uso de unos ficheros idénticos a SG-SAVE y, por lo tanto, también diferentes a los normativos. La única mención de crítica expresa se dirige al modelado de las persianas, las cuales cuando entran en actuación sombrean la totalidad de la ventana, y no el 30% que establece por defecto la normativa. Para la renovación de aire, se tiene que el programa realiza una modelización que va más allá de las limitaciones establecidas por los datos de tipo 2 normativos. Contempla en las infiltraciones coeficientes según temperatura, presión diferencial, y viento.

La presentación de resultados de CYPETHERM HE PLUS es muy buena, con detalles similares a los expuestos en SG-SAVE.

Modelo propio

Como se mencionó en las partes introductorias de este trabajo, se ha realizado un modelo original en EnergyPlus para llevar a cabo una simulación energética. Este programa, con la modelización adecuada, se considera como el procedimiento de mayor precisión en el mercado para llevar a cabo una correcta calificación energética. Para las solicitaciones exteriores se ha realizado una traducción de los ficheros climáticos oficiales, en formato *.MET, al formato de trabajo de EnergyPlus, *.epw.

Para el resto de los parámetros definitorios de la certificación energética, se ha seguido estrictamente la normativa, yendo más allá cuando se ha tratado de datos de tipo 2.

RESULTADOS

Habida cuenta de sus diferencias de funcionamiento y los posibles errores existentes en su adecuación a los límites normativos de cada programa reconocido, se tienen los siguientes resultados.

Se ha añadido una simulación adicional para el programa CE3, teniendo un modelado mediante el método simplificado de superficies y orientaciones (CE3_1). Además, se ha añadido otra utilizando los ficheros climáticos erróneos, empleados por SG-SAVE y CYPETHERM HE PLUS, para el Modelo propio (Modelo propio-RV) y así eliminar la obvia diferencia por el mal tratamiento de las solicitaciones exteriores.

Programa utilizado	Vivienda unifamiliar		Viviendas en bloque	
	Demanda anual de calefacción (kWh/m2)	Demanda anual de refrigeración (kWh/m2)	Demanda anual de calefacción (kWh/m2)	Demanda anual de refrigeración (kWh/m2)
HULC	94.71	19.27	51.40	14.93
CE3	76.27	22.45	26.71	20.95
CE3_1	76.05	24.01	67.77	33.26
CE3X	139.90	9.00	109.30	10.70
CERMA	95.90	30.50	60.60	18.40
SG-SAVE	122.05	46.06	38.07	23.01
CYPETHERM	84.36	15.18	45.15	15.33
Modelo propio	118.99	18.77	62.03	10.10
Modelo propio-RV	107.99	27.69	56.04	13.67

Tabla I. Comparativa de cálculos de demandas para los dos edificios con programas reconocidos. Elaboración propia.

Se observa la gran discrepancia existente entre los programas reconocidos, presentando CE3X desviaciones relativas frente a HULC de alrededor del 50% en la vivienda unifamiliar y superior en el bloque. También se puede constatar que SG-SAVE, pese a estar basado en EnergyPlus, no hace un trabajo especialmente bueno, presentando grandes desviaciones frente a la referencia, errores desde el 23% hasta el 139%. No es el caso de CYPETHERM, quien mantiene los errores en rangos aceptables en la mayoría de casos. Conviene mencionar la desviación de los programas de definición geométrica simplificada al abordar la vivienda en bloque.

Con todo, se concluye que CYPETHERM HE PLUS es el programa que se considera de mayor rigor en la modelización de los edificios contemplados, aunque tiene algún que otro aspecto a mejorar.

Finalmente, llama la atención lo lejos que se encuentran la mayoría de los programas del modelado realizado por el Modelo propio en algunos casos; el cual no contiene prácticamente errores normativos, especialmente cuando se elimina la discrepancia evidente por el uso de ficheros climáticos diferentes. Desde el punto de vista de la calidad de la simulación energética, CERMA es el programa que menos difiere respecto a los resultados arrojados por el Modelo propio en el modelado de la vivienda unifamiliar, siendo HULC quien más se ajusta en la simulación del bloque de viviendas.

CONCLUSIONES

Existe una disparidad mayúscula en los resultados arrojados por las diferentes herramientas de certificación energética. Se necesita una mayor labor no sólo de actualización de las tecnologías permitidas, sino también una investigación para comprobar que el diagnóstico energético realizado se corresponde con la situación real de los edificios de España. Bien cierto es que hay puntos de la norma que merecen ser estudiados y mejorados. Sin embargo, en la actualidad, la realidad es que no se están cumpliendo las restricciones normativas en materia de certificación energética. Existen multitud de procedimientos administrativos, así como subvenciones y ayudas económicas, que tienen como punto de valoración la calificación energética. Hoy en día, existe una gran variación de procedimientos habilitados para conseguirla, produciendo diagnósticos muy alejados de la realidad.

REFERENCIAS

- IDAE. 2009. Eficiencia y ahorro energético Condiciones de Aceptación de Procedimientos Alternativos a LIDER y CALENER.Anexos.
  http://idae.electura.es/publicacion/88/condiciones_aceptaci%25EF%25BF%25BDn_procedimientos_alternativos_lider_calener_anexos.

CONTROL DEL CEE PARA QUE LA "CALIFICACIÓN A" SEA UNA REALIDAD EN LA OBRA

Juan María Hidalgo-Betanzos, Investigador doctor, Gobierno Vasco
Carlos García-Gáfaro, Investigador no doctor, Grupo Investigación ENEDI, Universidad del País Vasco UPV/EHU
Laura Angulo Ortíz de Zárate, Arquitecta, Grupo Investigación ENEDI, Universidad del País Vasco UPV/EHU
Eider Iribar-Solaberrieta, Investigadora no doctora, LCCE del Gobierno Vasco - Grupo ENEDI, UPV/EHU
Imanol Ruíz de Vergara, Investigador no doctor, LCCE del Gobierno Vasco - Grupo ENEDI, UPV/EHU
José María Pedro Sala-Lizarraga, Catedrático IP, Grupo Investigación ENEDI, Universidad del País Vasco UPV/EHU

Resumen: Analizamos el potencial del Control del CEE como herramienta imprescindible para garantizar las prestaciones de los edificios y reforzar la confianza de la sociedad en los EECN. Presentamos un estudio detallado de los CEE de edificios de alta eficiencia (A, B y C), a partir de Controles realizados entre 2014 y 2018. El LCCE ha realizado más de 200 Controles y hemos comprobado que a menudo hay incoherencias que pueden afectar de manera muy importante a las prestaciones energéticas finales. Identificamos los factores clave del Control y los errores más habituales detectados. Se concluye qué mejoras serían necesarias para que estos edificios de alta eficiencia puedan cumplir las exigencias del DB-HE 2018 y alcancen la categoría EECN.

Palabras clave: Control, CEE, EECN, Control de Calidad, Certificación de Eficiencia Energética, Calificación Energética

INTRODUCCIÓN

El Certificado de Eficiencia Energética (CEE) de edificios es probablemente la herramienta más importante para visibilizar las prestaciones de los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo (EECN o nZEB) en la sociedad (Remi Carrie F., 2017). Es además una de las herramientas más utilizadas para la verificación de las exigencias nacionales en la mayoría de los países de la UE (Arcipowska A. et. al,2014) (Rey F.L., 2018). Sin embargo, numerosos estudios evidencian que la baja calidad de los CEE está provocando el efecto contrario en muchos casos, aumentando la desconfianza en la estrategia europea de los EECN (Kurnitsky J. et. al., 2016) (Durier F. et al, 2016). En el caso de España tenemos evidencias de que este riesgo ya es real. Un estudio de 2016 sobre la correspondencia entre las herramientas de certificación detallada y simplificada de edificios existentes mostró que menos de una cuarta parte de los CEE habían recibido la calificación adecuada (Molina J.L. et al, 2016). Según los autores del estudio, las dos principales causas son los bajos precios de los CEE y la ausencia de inspecciones de las calificaciones realizadas.

Por otro lado, el reciente borrador de DB-HE 2018 ha concretado la definición de EECN a través de un conjunto de límites establecidos para edificios de nueva construcción (Ministerio de Fomento, 2018). Según el borrador, los CEE se confirman como un aspecto clave, porque las herramientas de certificación son las mismas que se emplean para verificar el cumplimiento de estas exigencias mínimas de los futuros EECN. Además, desde 2018 se han multiplicado la oferta de herramientas informáticas de calculo con la incorporación de softwares basados en modelado avanzado EnergyPlus [8].

La normativa española lleva más de diez años impulsando la verificación y la calidad de los CEE. Desde la primera implantación del CEE mediante el Real Decreto 47/2007 (RD 47/2007), que solo aplicaba a edificios nuevos, ya se valoraba la importancia de controlar el procedimiento de obtención del certificado. Este RD dedicaba un artículo específico al entonces denominado "Control Externo" del CEE y dejaba en manos de las Comunidades Autónomas la competencia de definir el alcance y procedimiento de este control de los CEE, así como los criterios para ser agente controlador autorizado. Posteriormente el Real Decreto 235/2013 (RD 235/2013) que derogó al del 2007, reafirmó tales competencias. Actualmente en la CAPV, el control y el registro de los Certificados de Eficiencia Energética esta regulado por la orden de 16 de marzo de 2015 (Orden 16 marzo 2013), estableciendo la obligatoriedad del control del CEE para todos los Certificados de Eficiencia Energética que recojan una calificación de consumo de energía primaria A, B o C. Esto permite que los edificios con una mejor declaración de comportamiento térmico sean verificados por un agente independiente y que el CEE refleje con fidelidad la realidad del edificio, tanto para uno existente como en edificios de obra nueva.

Como uno de los agentes acreditados para la realización de este Control de los CEE, el Area Térmica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco (AT-LCCE) ha realizado el control de CEE en mas de 200

promociones entre 2014 y 2018. Basados en esta experiencia, el presente estudio repasa el procedimiento de Control de los CEE y analiza sobre los resultados de estos controles. Para ello se han identificado los factores claves con mayor peso en la calificación del CEE, se han analizado los errores más habituales de los CEE y se ha calculado el potencial de adecuación de los Controles de CEE más recientes al objetivo EECN. Todo ello con el objetivo de ayudar a los certificadores y técnicos a resolver los retos de los CEE en el contexto EECN que se avecina.

DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CEE EN LA CAPV

Como regla general, en la CAPV el Control del CEE es obligatorio para todos los CEE con una calificación A, B o C según su consumo de energía primaria no renovable. Existen tres tipos de Controles de CEE: edificio existente, de proyecto y de obra terminada. En el caso de CEE de edificios de vivienda existente presentados por la comunidad de vecinos este control ha sido realizado de oficio por el Departamento de Industria, para no añadir costes adicionales a las comunidades con alta eficiciencia energética. En todo caso, el registro de los CEE de proyecto o de reformas integrales deben ser presentados antes de la solicitud de licencia de obras, para realizar las subsanaciones requeridas por el control a tiempo para su implementación en obra. Para más información, consultar la orden de 16 de marzo de 2015. En general, un adecuado Control del CEE permite:

- Asegurar la correspondencia entre Proyecto, Certificado y Obra construida
- Detectar posibles errores durante la ejecución de obra
- Evitar problemas relacionados con cambios en la normativa o herramientas de certificación: bajar una calificación, pérdida de ayudas económicas, aumento del IBI, incumplimiento de contratos de compraventa, etc.

La siguiente tabla resume las actuaciones del control en las fases habituales de CEE de edificios nuevos o reformados:

Fase de proyecto **(Obra nueva o reforma)**	**Fase de Obra** **(Obra nueva o reforma)**	**Fase de Obra terminada** **(en caso de no haberse realizado visitas en obra, sólo al final)**
Mejora la definición y la exactitud: Identificación del edificio, clima Geometría y sombras Cerramientos Materiales y productos Instalaciones Justificación de la ventilación Contribución de renovables ...	Verifica los aislamientos y ventanas: Revisa los productos puestos en obra, materiales, espesores, conductividad, marcos y vidrios, … Comprueba las soluciones en puentes térmicos Una o varias visitas a obra, con suelos, cubierta, antes de rematar SATEs o cerrar trasdosados interiores	Es necesario verificar in situ: Ensayos de principales aislamientos térmicos (medición in situ, catas, …) Inspección de la distribución correcta del aislamiento (termografía IR) Otras verificaciones necesarias
Asegura la correspondencia entre Proyecto y Certificado: Comprobar versiones incoherentes y cambios durante definición del proyecto	Comprueba las instalaciones térmicas: Revisa las calderas, equipos, depósitos de ACS, renovables, … Una visita al final de la obra	Visita al edificio: Instalaciones térmicas Ventilación Iluminación (sólo en edificios de uso terciario)
Comprueba la metodología de cálculo: Prevenir problemas de versiones y herramientas con una normativa cambiante	Confirma la ventilación: Revisa unidades de ventilación, rejillas, control de demanda, …	Revisión documental: Cambios de final de obra Comprobar la correspondencia entre Proyecto F.O. y Certificado
	Examina la iluminación (terciarios): Revisa los tipos de luminarias, ubicación, potencia, …	

Tabla I. Actuaciones generales de los Controles del CEE según fase o tipo de Control.

METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS

El estudio consiste en la recopilación de las experiencias de controles de CEE realizados entre 2014 y 2018. Se han recopilado los factores clave y los errores más habituales a nivel cualitativo de controles de todo tipo de CEE. Para dar un paso más hacia la consecución de los EECN, se ha analizado qué mejoras serían necesarias en los edificios controlados más recientemente, desde mediados de 2017 hasta ahora. El estudio evalúa el consumo de energía primaria no renovable (EPNR) de los CEE controlados en comparación con los límites del borrador de DB-HE 2018. En

caso de sobrepasarlo, se estudia que tipo de mejoras podrían ser suficientes para alcanzar el nivel EECN. No se han podido definir en más detalle los casos por la confidencialidad de los datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factores clave del Control de un CEE

En primer lugar, se analizan los factores del Control de CEE de Proyecto. Se enumeran los factores más determinantes que hemos observado durante la realización de controles de CEE de edificios de alta eficiencia (A, B y C).

- **Correspondencia entre memoria y CEE:** La definición del CEE debe ser coherente con el proyecto visado.
- **Descripción completa de los huecos:** Además de las transmitancias de marco y vidrio, el porcentaje de marco y la permeabildiad de los huecos son determinantes para el CEE.
- **Justificación del sistema de ventilación:** Los cálculos de la memoria o CEE deben especificar aparte del dimensionado de las demandas, también el rendimiento de los equipos y su operación.
- **Prestaciones de los materiales y componentes:** Las prestaciones establecidas en la memoria del proyecto deben ser especificadas en detalle para poder evaluar todos los aspectos que afectan al comportamiento térmico.
- **Definición de los Puentes Térmicos:** Se debe justificar el cálculo de los principales PT, incluyendo la transmitancia térmica lineal y la longitud, especialmente en caso de utilizar herramientas simplificadas dCEE.
- **Comprobación de potencia instalada mínima:** El CEE debe aportar una justificación de la cobertura de la demanda punta.
- **Definir los equipos reales en edificios existentes:** En ampliaciones o rehabilitaciones importantes, las instalaciones existentes deben definirse en base a sus características particulare; no mediante equipos estándar ideales.
- **Contribución solar/renovable de ACS:** El CEE debe justificar la contribución renovable y no solo la cobertura de la instalación, cuando sea obligatoria la contribución solar ACS en rehabilitación/ampliación.

En segundo lugar, se analizan los factores clave del Control de Obra Terminada. Se incluyen los aspectos que pueden cambiar durante el trascurso de la obra y repercutir notablemente en la calificación energética final del edificio.

- **Coherencia entre CEE de proyecto y el proyecto a pie de obra:** Al inicio de la obra se debe comprobar que no haya habido cambios respecto al proyecto empleado para el CEE y verificar su incidencia en el CEE.
- **Comunicación entre los agentes de control y la dirección de obra:** El agente de Control debe mantener una comunicación directa con la Dirección Facultativa, el certificador y los técnicos de obra. Se deberán coordinar las visitas de obra para verificar la correcta instalación de aislamientos térmicos, huecos, soluciones de puente térmico, etc.
- **Notificar los cambios realizados en obra:** Se debe notificar al agente de control todo cambio del proyecto al certificador y al agente de control, para poder verificar la incidencia de dichos cambios. Especialmente el de tipos de aislamientos, huecos, calderas o equipos de ventilación.
- **Preparación de las visitas:** Para una mayor efectividad, es conveniente notificar a la DF de las visitas de obra previstas en función del tipo de obra.
- **Comprobar los datos administrativos del edificio terminado:** Incorporar en el CEE y el control los datos de la dirección real tras finalizar la urbanización.

Errores habituales de los CEE controlados

A través de centenares de Controles, se han identificado las siguientes deficiencias como las más habituales en los Controles del CEE de Proyecto:

- **Incoherencia entre el Proyecto y el CEE:** Es frecuente detectar diferencias significativas en la composición de los cerramientos. Este error puede estar motivado por la forma de trabajo de los certificadores, como subcontratas puntuales que no participan en el resto de aspectos del proyecto.
- **Definición de Puentes Térmicos incompleta:** Prácticamente ningún CEE incluye un cálculo o revisión de los PT previstos por las herramientas de certificación. Además, los PT que deben establecerse manualmente también suelen estar incompletos, cómo el número de pilares en fachada.

- **Definición de sombras:** Las sombras de aleros o elementos cercanos al edificio tiene una incidencia reducida en los edificios sin refrigeración, pero así todo deben recogerse en el modelo de CEE o en la justificación correspondiente.
- **Complejidad de los sistemas energéticos:** Las instalaciones cada vez más complejas hacen difícil su definición en las herramientas de certificación habituales. Esto provoca que para representar la compleja realidad, haya que pensar desde un principio las posibles limitaciones de cada herramienta. Por ejemplo: bombas de calor con recuperación del calor de la ventilación, instalaciones de geotermia mediante equipos ideales y repartición de potencias, cogeneración en cascada, etc.
- **Contribución de energías renovables:** Si anteriormente la herramienta POSTCALENER permitía que las distintas asociaciones de energías renovables aportasen sus cálculos, actualmente la herramienta no está vigente y la interpretación de los documentos justificativos es a menudo errónea. Es necesario recordar que los conceptos de generación de un equipo renovable y su contribución renovable no son siempre los mismos.
- **Sustitución de la contribución solar ACS:** Se ha detectado que se están montando menos instalaciones de paneles solares térmicos en lugar de otros equipos más sofisticados. Lamentablemente, es frecuente que dentro del CEE aparezcan muchos problemas porque no se conocen o no se justifican debidamente (aerotermia, cogeneración, etc.). Se ha cambiado el sistema renovable pero no la filosofía o la actitud hacia estas instalaciones.

En el Control del CEE de obra terminada y durante la ejecución de la obra se han detectado otros errores habituales diferentes. Estos errores, especialmente cuando se producen en proyectos donde la calificación estaba cerca del límite inferior, pueden acabar provocando una pérdida de letra en la calificación:

- **Definición CEE distinta del proyecto visado:** La definición del CEE a menudo se corresponde con versiones preliminares del proyecto y no con la versión definitiva del proyecto de ejecución visado.
- **Soluciones constructivas diferentes en obra:** Las soluciones de PT o el tipo de materiales pueden afectar muy negativamente a la calificación final.
- **Cambios en las instalaciones:** Cuando se deciden cambios en los equipos es habitual que no se compruebe su incidencia en el CEE. Si el problema se detecta una vez terminada su instalación, es probable que no haya una solución y se pierda una calificación
- **Sustitución de generación renovable:** Durante el progreso de la obra es frecuente encontrar cambios en las instalaciones de energía renovable que no satisfacen la contribución mínima. Especialmente ocurre en obras de rehabilitación integral donde estas instalaciones están definidas sólo de forma general. Como consecuencia, con poco margen de maniobra según avanza la obra, las decisiones son más costosas y con gran repercusión en la calificación original.

Potencial de los CEE actuales para ser EECN del borrador DB-HE 2018

En primer lugar, se han comparado los niveles de consumo de EPNR de CEE controlados entre 2017 y 2018 en relación a los límites del borrador de DB-HE 2018, ver Tabla II. Se seleccionaron por ser proyectos representativos del sector de la construcción actuales, según tipología, dimensiones y presupuestos de ejecución. Según el CEPNR, los edificios de uso residencial multifamiliar de nueva construcción con calificación A y B alta, ya cumplen o se aproximan de forma cercana a las condiciones de EECN que establece el borrador del DB-HE 2018. El gráfico de la Figura 1 confirma esta situación tomando como ejemplo las zonas climáticas C1, C2, D1, D3 y E1. En relación al límite de CEPTotal, sólo se ven afectados significativamente los edificios que emplean calderas de biomasa ya que su factor de EPTotal es 13 veces superior al de EPNR; así como algunos de los casos de equipos eléctricos, cuyo factor de paso incrementa de 1,954 (factor no renovable) a 2,368 (factor total), lo que supone un incremento de 21%.

Casos	Tipo de Edificio	Nro Viv. / Uso	Superf. útil [m^2]	Zona Clim.	Hta. de certific.	Calif. CEE	Consumo EPNR [$kW{\cdot}h/m^2{\cdot}año$]	Límite 2018 $C_{ep,nren,lim}$ [$kW{\cdot}h/m^2{\cdot}año$]
1	Residencial de nueva construcción	<10 viv	1084	D1	HULC	B	53,04	38
2			909	D1	HULC	B	53,10	38
3		10 - 50 viv	3673	C1	HULC	C	42,21	32
4		50 -100 viv	3320	C1	HULC	B	29,02	32
5			5734	D1	CERMA	A	12,86	38

6			8.849	C1	HULC	B	34,17	32
7		100 -200 viv	13107	C1	CERMA	A	12,33	32
8	Residencial reformado	<10 viv	850	D1	CE3x. v2.3	C	73,1	38
9			1042	C1	HULC	C	41,61	32
10		10 - 150 viv	11131	C1	CE3X 2.3	C	56,3	32
11	Terciario de nueva construcción	Educ.	9719	D1	CAL-GT	B	228,52	85
12			2078	C1	HULC	B	60,35	100
13			1081	D1	HULC	B	103.23	85
14			2741	C1	HULC	B	94,80	100
15			4227	D1	HULC	B	176,9	85
16	Terciario reformado	Sanit.	10500	C1	CE3X V2.3	A	106,3	125

Tabla II. Consumo de energía primaria no renovable en promociones recientes de edificios de nueva construcción o rehabilitados.

A continuación, se analizan tres casos a modo de ejemplo. El primero, tiene una demanda de calefacción elevada (28,34 kWh/m2a) debido a un gran porcentaje de huecos y a un sistema de ventilación básico con los caudales nominales DB-HS. Como mejoras, sería posible mejorar el sistema de ventilación por uno más eficiente o incorpor sistemas de regulación; o incluso aumentar la superficie de paneles solares para incrementar del 30% actual hasta un 55% aproximadamente. El segundo, se trata de un control de proyecto de un edificio donde por motivos urbanísicos municipales no se preveía instalar paneles solares para contribución ACS. Tras el Control, se decidió equipar una instalación alternativa con bombas de calor aerotérmica en cada vivienda particular. El tercero se trata de un edificio de la zona C1 que más se aleja del nivel EECN preveia ventilación con doble flujo y cogeneración en proyecto, y finalmente opto por flujo simple y bomba de calor, ya que también tenía impedimento para el aporte solar. Se compensó un poco esta desviación, implementando una etapa de recuperación de calor entre la bomba de calor y el el aire extraído por la ventilación.

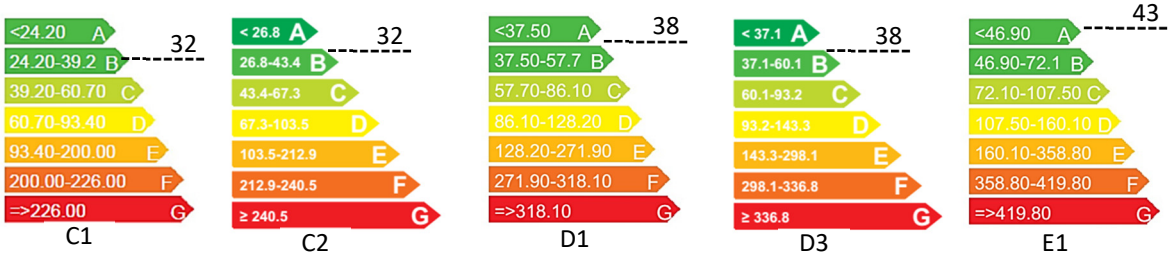


Figura 1. Escalas de Calificación actuales segun CEPNR en edificios de vivienda plurifamiliar para zonas C1 (Bilbao), C2 (Barcelona), D1 (Donostia-San Sebastián), D3 (Madrid) y E1 (Burgos) y comparativa con los respectivos valores limites del DB-HE 2018.

Los edificios residenciales reformados no han conseguido el nivel de EECN, motivado por las limitaciones propias de estas actuaciones. Sin embargo, el cambio respecto a su condición inicial fué drástico y un futuro incremento en aporte renovable podría acercar aun más su calificación al nivel EECN. En particular, el edificio reformado de la zona D1 se vió penalizado por las dificultades encontradas a la hora de resolver técnica y económicamente los puentes térmicos de frente de forjado de una de sus fachadas. En cuanto a los edificios terciarios, la casuistica es bastante particular para cada proyecto. Uno de los edificios, a pesar de tener la calificación B consigue el nivel de EECN. En cambio, el de mayor consumo es un edificio con una importante presencia de grandes espacios mixtos. Para el caso de reformas en terciarios, el apoyo de auditorias energéticas profundas es fundamental.

CONCLUSIONES

Se ha demostrado la importancia del Control del CEE como herramienta de mejora de la calidad y de concienciación social. Se han repasado los factores clave de los distintos tipos de Controles según etapa de obra y tipo de Certificado de Eficiencia Energética. Se han recopilado los errores más habituales detectados, que incluyen aspectos administrativos, definición del CEE, constructivos, instalaciones y documentos justificativos de cumplimiento de las exigencias del DB-HE. A pesar de todo el camino recorrido en 10 años de Certificados en España, hay una preocupante falta de conocimiento sobre como adaptar y definir las instalaciones según las distintas herramientas de certificación.

Se han analizado los CEE de dieciséis casos y proyectos recientes, para comprobar si cumplen las exigencias de EECN según el borrador del DB-HE 2018. En el caso de edificios de vivienda de nueva construcción, los valores de EPNR confirman que la mayoría de los edificios de alta eficiencia actuales podrán cumplir con facilidad las exigencias futuras. Sólo en algunos casos puntuales será necesario reformular la solución global, especialmente donde se encuentren con limitaciones espaciales o normativas de protección de cascos históricos. En el caso de edificios de usos terciarios, hay una gran diversidad según la casuística y usos puntuales. Se dan casos donde exceden el doble del límite de EECN y otros casos donde cumplen con holgura el límite de consumo de EPNR.

REFERENCIAS

- Arcipowska A. et. al., Energy performance certificates across the EU, BPIE, 2014.
- Durier, F. et al., Source book for improved compliance of Energy Performance Certificates (EPCs) of buildings, QualiCheck project, 2017.
- Kurnitsky J. et. al., Overview of EPC compliance and quality issues on the ground, REHVA Journal, 2016.
- Molina, J.L. et. al., Spain Different data/tools for getting EPC, QualiCheck, 2016.
- Orden de 16 de marzo de 2015, de la Consejera de Desarrollo Económico y Competitividad, por la que se regula el control y el registro de los Certificados de Eficiencia Energética.
- Pascual, M.A., Bermejo, N., Herramientas avanzadas para el diseño de EECN, verificación de los requisitos del CTE y la certificación energética de los edificios con energy plus, IV Congreso Edificios Energía Casi Nula, Madrid, 2017.
- Proyecto de Borrador del DB-HE 2018 con comentarios, Ministerior de Fomento, 2018.
- Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.
- Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la CEE de los edificios.
- Rémi Carrié F., Compliance and quality of works for improved EP of buildings, QualiCheck project, 2017.
- Rey, F.J. Velasco, E. y Rey, J.M., Eficiencia energética de los edificios. Certificación energética, 2018.

[1] Rémi Carrié F., Compliance and quality of works for improved EP of buildings, QualiCheck project, 2017.
[2] Arcipowska A. et. al., Energy performance certificates across the EU, BPIE, 2014.
[3] Rey, F.J. Velasco, E. y Rey, J.M., Eficiencia energética de los edificios. Certificación energética, 2018.
[4] Kurnitsky J. et. al., Overview of EPC compliance and quality issues on the ground, REHVA Journal, 2016.
[5] Durier, F. et al., Source book for improved compliance of EPCs of buildings, QualiCheck, 2017.
[6] Molina, J.L. et. al., Spain Different data/tools for getting EPC, QualiCheck project, 2016.
[7] Proyecto de Borrador del DB-HE 2018 con comentarios, Ministerior de Fomento, 2018.
[8] Pascual, M.A., Bermejo, N., Herramientas avanzadas para el diseño de EECN, verificación de los requisitos del CTE y la certificación energética de los edificios con E+, IV Congreso Edificios Energía Casi Nula, Madrid, 2017.
[9] Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la CEE.
[10] Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la CEE de edificios.
[11] Orden de 16 de marzo de 2015, por la que se regula el control y el registro de los CEE.

COMPORTAMIENTO REAL DE UNA CASA PASIVA DE ESCASA INERCIA EN UNA OLA DE CALOR MEDITERRÁNEA

Oliver Style, Consultor Passivhaus, Director, Progetic

Resumen: ¿Se puede alcanzar un ambiente interior agradable en viviendas de consumo de energía casi nulo áltamente aisladas, herméticas y de estructura ligera sin un sistema de refrigeración durante una ola de calor? En este artículo se toma como caso de estudio una casa pasiva mediterránea, con estructura ligera y a través del análisis de datos cuantitativos, se examina el comportamiento monitorizado de la vivienda durante la ola de calor de Julio 2015.

Palabras clave: Monitorización, Eficiencia Energética, Sobrecalentamiento, Materiales Naturales, Diseño Pasivo, Passivhaus, EECN

ANTECEDENTES

El ascenso de las temperaturas y el aumento en la frecuencia de las olas de calor en Europa en los últimos años, ponen en relieve la necesidad de prestar especial atención al sobrecalentamiento cuando diseñamos un edificio de alta eficiencia energética. Esta tendencia se ve claramente en la Figura 1 y Figura 2. Los edificios que no están preparados para lidiar con este tipo de condiciones ponen en riesgo a sus ocupantes: un incremento de más de 70,000 muertes en toda Europa fue reportado durante la ola de calor de 2003 [1].

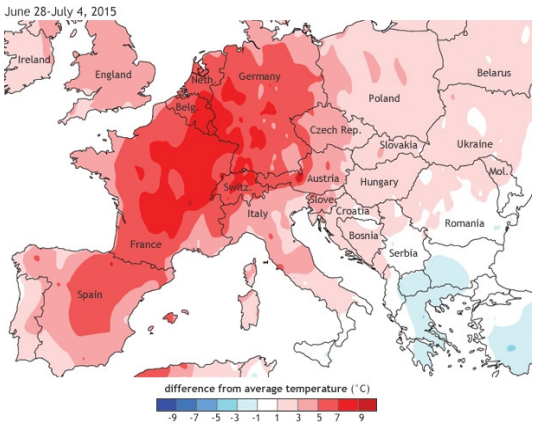


Figura 1. Anomalías en las temperaturas de Europa, 28 Junio – 4 de Julio, 2015 [2].

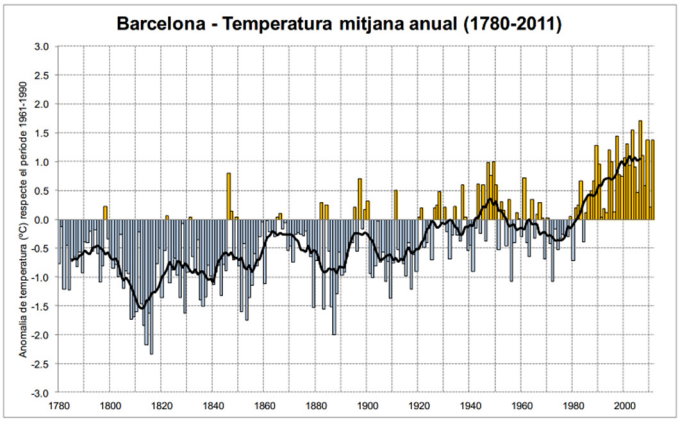


Figura 2. Temperatura Anual en Barcelona (1780-2011) [3].

CASO DE ESTUDIO: LARIXHAUS

La Larixhaus es una pequeña vivienda unifamiliar localizada en el municipio de Collsuspina, cerca de Barcelona, España (Figura 3, Figura 4, Figura 5) que fue diseñada, prefabricada y construida en un periodo de 8 meses, entre Mayo y Diciembre de 2014. La Larixhaus es la primera casa prefabricada de madera y paja de la Península Ibérica en alcanzar la certificación Passivhaus. La vivienda está localizada a una altitud de 888 metros sobre el nivel de mar, por lo que las temperaturas estivales no son especialmente extremas con una media de 21ºC en Julio y Agosto.

La Larixhaus cuenta con un sistema de monitorización que entró en funcionamiento el 6 de Junio de 2015 y que consiste en sensores que miden la temperatura del aire y la humedad relativa al exterior e al interior, en intervalos de 5 minutos.

Figura 3. Empacadora.

Figura 4. Módulo de muro durante prefabricación.

Figura 5. Vista de la Larixhaus desde el Suroeste.

ESTRATEGIAS DE DISEÑO PARA VERANO

La Tabla I muestra las estrategias usadas para combatir el sobrecalentamiento.

Estrategia de Diseño	Descripción
Reducción de las ganancias solares a través de los elementos opacos	o Cubierta: 40cm aislamiento de paja (λ = 0.059 W/m·K*), cámara ventilada. o Muros: 40cm aislamiento de paja (λ = 0.059 W/m·K), cámara ventilada.
Reducción de las ganancias solares a través de los elementos transparentes	o Protecciones solares exteriores: persianas venecianas en las aberturas a Sur; toldos plegables en las aberturas a Oeste; persianas enrollables en las aberturas a Este. o Factor solar del vidrio: g = 47 %
Reducción de los aportes de calor por transmisión e infiltración	o Aislamiento térmico; hermeticidad (n50 = 0.32 ren/h); ventilación mecánica controlada + recuperación de calor y bypass automático en Verano
Acoplamiento a tierra	o Aislamiento XPS (λ = 0.034 W/m·K) bajo solera limitado a 13 cm
Ventilación Natural	o Ventilación nocturna a través de ventanas oscilantes proporcionando ventilación, simple, cruzada y de efecto chimenea.
Reducción de las cargas internas	o Iluminación y electrodomésticos eficientes. o Tramos de tubería de agua caliente reducidos al mínimo (sin recirculación).

** Valor lambda calculado para balas de paja de gran formato, posicionadas verticalmento en los muros, con dimensiones de: 120 cm (alto) x 40 cm (ancho) x 70 cm (profundidad).*

Tabla I. Estrategias de diseño para verano.

El programa PHPP fue una herramienta primordial en la fase de diseño para equilibrar el comportamiento energético en verano e invierno. La intención del proyecto fue priorizar los materiales ecológicos para aislamiento (paja) y estructura (madera), por lo tanto, el inmueble fue diseñado con una masa térmica muy baja, calculada en 60 Wh/K por m2.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

El resumen de los resultados se puede ver en la Tabla II. Mientras que las temperaturas exteriores ascendieron a máximas de 37.6ºC, la temperatura interior máxima alcanzada fue de 26.2ºC. La humedad relativa se mantuvo entre el 35% y el 79%, con un promedio del 55%.

	Min.	Med.	Max.
Temperatura Aire Ext. [ºC]	7.3 ºC	19.6 ºC	**37.6 ºC**
Temperatura Aire Int. [ºC]	20.7 ºC	23.4 ºC	**26.2 ºC**
Humedad Relativa Int, [%]	35 %	55 %	79 %

Tabla II. Temperaturas y Humedad relativa mínimas, máximas y medias durante las horas de ocupación en el periodo 6 de Junio – 6 de Octubre, 2015.

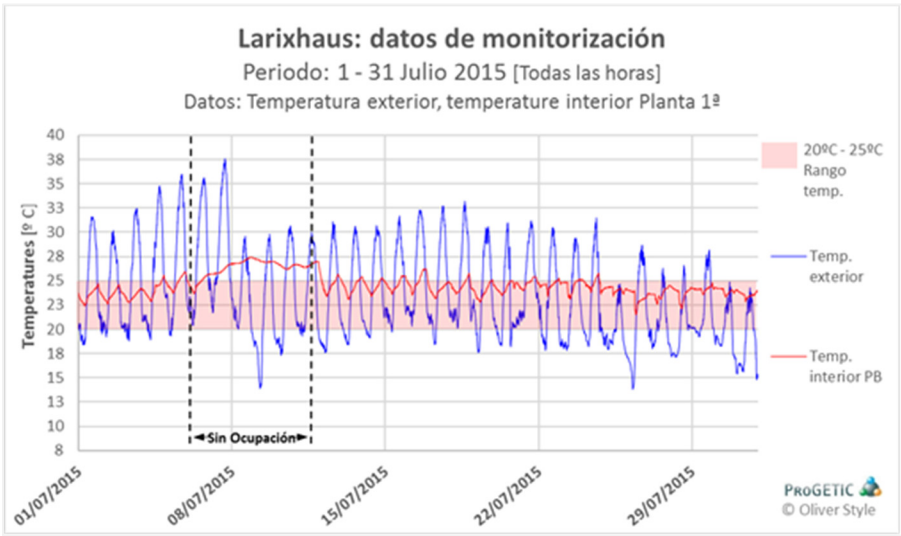


Figura 6. Temperatura aire exterior y aire interior planta primera, todas las horas, 1 - 31 de Julio, 2015.

La Figura 6 muestra las temperaturas durante el mes de Julio. La importancia de la ventilación natural nocturna puede observarse durante el periodo en el que la vivienda se encuentra desocupada en las semana del 6 al 13 de Junio (durante este tiempo no hubo ganancias internas por ocupación y unas ganancias solares y por equipamiento mínimas): la temperatura interior se eleva hasta los 27.4ºC y oscila entre los 26ºC y 27ºC hasta que los ocupantes vuelven y reanudan la ventilación natural, a partir de entonces las temperaturas máximas se mantienen por debajo de los 25ºC la mayor parte del tiempo.

MODELOS DE CONFORT TÉRMICO PARA EL ANÁLISIS DE SOBRECALENTAMIENTO

Se han analizado el confort térmico en verano y el sobrecalentamiento a través de los siguientes modelos de confort:

- Frecuencia de sobrecalentamiento del PHPP (DIN 1946-2)
- Schnieders (basado en ISO 7730)

Frecuencia de sobrecalentamiento, modelo PHPP (din 1946-2)

La frecuencia de sobrecalentamiento medida durante el periodo de análisis fue un 1.3 %, como se muestra en la Tabla III, en comparación con la frecuencia de sobrecalentamiento del 4.6% calculada con el PHPP.

Límite de sobrecalentamiento [ºC]	25.49 ºC
Número total de puntos de información	105120
Número total de puntos de sobrecalentamiento	1339
Frecuencia de sobrecalentamiento medida [%]	**1.3 %**
Frecuencia de sobrecalentamiento calculada con PHPP [%]	**4.6 %**

Tabla III. Frecuencia de sobrecalentamiento estimada vs. resultados medidos, horas de ocupación, 6 de Junio – 6 de Octubre 2015.

Modelo de confort de Schnieders

Los resultados del modelo de confort de Schnieders se muestran en la Figura 7 (sólo para la planta primera, por ser la más susceptible al sobrecalentamiento). Se puede observar que, durante las horas de ocupación, las temperaturas se mantienen dentro del rango de confort óptimo, mientras que la humedad relativa queda en el rango de confort extendido durante unas pocas horas (>70%), pero siempre manteniéndose por debajo del 80%. Las temperaturas se mueven al rango de confort extendido durante las horas de desocupación, debido a que los ocupantes no se encuentran en la vivienda para abrir las ventanas y activar la ventilación natural nocturna.

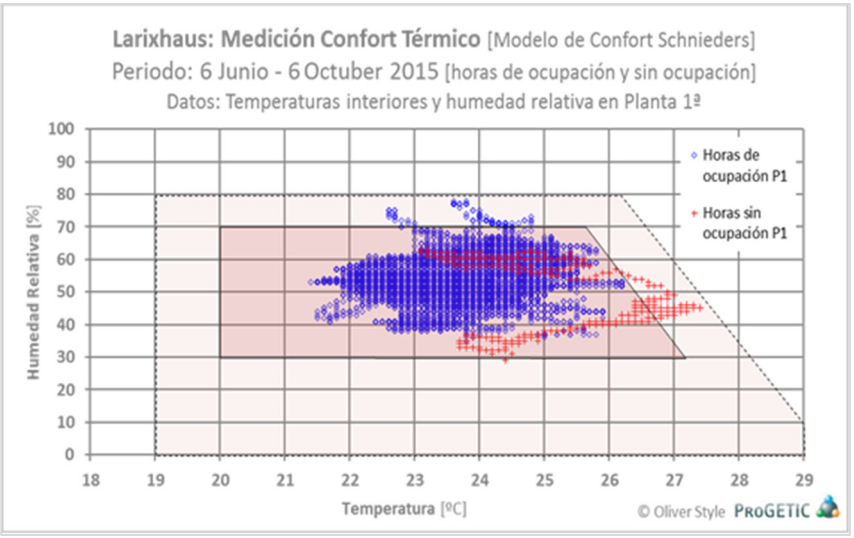


Figura 7. Temperatura Aire Interior y Humedad Relativa, Planta Primera, Modelo de Confort, 6 de Junio – 6 de Octubre, 2015.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que no existe sobrecalentamiento y muestran un comportamiento óptimo en verano. La Larixhaus se trata de un caso de estudio aislado y debe ser situada en un marco más amplio de análisis; no obstante, el autor presenta las siguientes conclusiones:

- PHPP es una herramienta precisa para analizar el sobrecalentamiento en verano. El comportamiento de la Larixhaus obtenido en las mediciones fue significativamente mejor que el pronosticado por los resultados del PHPP. Sin embargo, teniendo en cuenta el margen de incertidumbre en el modelo junto con la concienciación de los ocupantes, los resultados previstos y los medidos muestran una concordancia razonable. El modelo parece proporcionar los resultados del lado de la seguridad.
- Es importante que durante la fase de diseño se preste una atención minuciosa a las estrategias de diseño que reducen el riesgo de sobrecalentamiento. Las ganancias internas debidas a los equipos se deben de tratar con cuidado, especialmente dado el alto nivel de protección térmica y el constante de tiempo extendido que es una característica de los edificios Passivhaus. En climas cálidos, suele ser preferible situar las instalaciones mecánicas fuera de la envolvente térmica. Los sistemas de agua caliente sanitaria deben de ser diseñados cuidadosamente para asegurar que no generan demasiado calor que después ha de ser extraído para mantener el confort interior.
- Los materiales de origen biológico ofrecen una protección térmica efectiva en climas cálidos y son totalmente compatibles con construcciones altamente confortables y de bajo consumo energético. La poca energía que requiere la fabricación y colocación de estos materiales puede ayudar a reducir el impacto medioambiental producido por el edificio y proporcionar unas condiciones interiores sanas y confortables.
- En climas con temperaturas exteriores y humedad elevadas (especialmente cuando las temperaturas nocturnas se mantienen por encima de los 20ºC), es probable que un sistema de refrigeración pasivo no pueda mantener el confort interior por sí solo.
- En climas similares a los de la Larixhaus, un adecuado sistema de protecciones exteriores, un buen diseño de la ventilación natural nocturna y un correcto manejo del edificio por parte de los ocupantes, pueden hacer posible

que una casa pasiva de estructura ligera, súper aislada y hermética sin sistemas de refrigeración activos proporcione un ambiente interior agradable durante una ola de calor.

AGRADECIMIENTOS

El autor quiere agradecer a las siguientes entidades que patrocinaron el sistema de monitorización de la Larixhaus: Zehnder Group Ibérica Indoor Climate, S.A., Ajuntament de Collsuspina, Farhaus Passivhaus Construction y Progetic. La certificación Passivhaus de la Larixhaus fue financiada por Farhaus y Progetic. Los resultados del presente artículo forman parte del trabajo de investigación llevado a cabo en los siguientes proyectos europeos de investigación: EuroCell, financiado por EASME, Project Nº ECO/10/277298; e ISOBIO, financiado por H2020, Project Nº 636835.

REFERENCIAS

- Schnieders, J., 2009, Passive Houses in South Western Europe. 2nd corrected edition. Passivhaus Institut, Darmstadt, Alemania.
- Wassouf, M., 2015, Comfort and Passive House in the Mediterranean summer - monitorization of 2 detached homes in Spain Barcelona", 19th IPHC, Leipizig, Alemania.
- Leake, J., 2015, Residents roast in eco-homes' greenhouse effect, Environment Editor-Sunday Times, Londres, Reino Unido.
- EN 15251:2007. Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics.

[1] Robine, J-M. et al., 2008, Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. C. R. Biologies 331 - Elsevier, Amsterdam, Países Bajos.

[2] NOAA Climate Prediction Center, 2015, Average temperature anomalies for Europe during June 28-July 4, NOAA Climate.gov, Estados Unidos.

[3] Servei Meteorològic de Catalunya, 2012, Barcelona – Temperatura mitjana annual (1780-2011), Servei Meteorològic de Catalunya, Barcelona.

REHABILITACIÓN DEL PARQUE ARQUITECTÓNICO ACTUAL COMO PARTE FUNDAMENTAL DEL AHORRO ENERGÉTICO Y MEJORA DEL CONFORT

Inés Rodríguez Marqués, Arquitecta Técnica y Máster en Tecnologías de la Edificación Sostenible, Sitag Arquitectura

Resumen: La actualización y regeneración de las edificaciones comprendidas en los núcleos urbanos deben perseguir y conseguir el consumo mínimo energético, basándonos en las particularidades y cualidades de edificios de consumo casi nulo y dando un servicio a las actuales y futuras necesidades de los usuarios de los mismos, mejorando considerablemente las condiciones de confort interior y su relación con el entorno. Presentándose en este artículo un caso de estudio en la industrializada Villa de Avilés, Principado de Asturias, en el que por medio de un análisis pormenorizado de la arquitectura sostenible, haciendo especial énfasis en la vernácula y la climatología de la zona, se modula el barrio (con ayuda de software que utilizan la dinámica de fluidos) para obtener una serie de hipótesis que permitirán dar soluciones de mejora conjunta e individual, respaldando la afirmación sobre la necesidad y el verdadero potencial que se encuentra en las ciudades.

Palabras clave: Rehabilitación, Reavivación, Patrimonio, Ahorro Energético, Confort, Arquitectura Sostenible, Industria, Smart Cities, Nzeb

INTRODUCCIÓN

En los últimos 60 años la construcción ha experimentado gran crecimiento, con la implantación industrial en las ciudades, dando lugar a la incapacidad de estas para albergar la gran migración proveniente del campo.

Estas edificaciones, de manera general o global, cumplían con creces los estándares y necesidades demandadas en su época (sistemas de salubridad, abastecimiento, electricidad y sistemas públicos), pero hoy en día son grandes parques arquitectónicos desactualizados donde las personas desarrollan sus actividades cotidianas, en busca de una reavivación que les permita cumplir los nuevos estándares y expectativas de confort y sostenibilidad que demanda la sociedad. Con la necesidad de formar parte de ciudades inteligentes o SMART CITIES, basadas en tres pilares: SOCIAL + ECONÓMICO + SOSTENIBLE (Enerlis, et. al, 2012). Siendo un elemento fundamental los edificios de consumo casi nulo, ZNEB.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, lo más lógico e instintivo, por el propio bienestar y sostenibilidad de la sociedad, y anticipándose a las nuevas necesidades que surgirán con el avance de la tecnología, es la transformación, impulsión y rehabilitación de todos estos barrios para conseguir los siguientes objetivos. Reanimando, llenado de vida, vanguardia y rejuvenecimiento los edificios que con un buen estudio previo y elección de las actuaciones estratégicas conseguirán hacerlos pioneros y referentes del nuevo cambio, mentalidad y movimiento de esta nueva época.

Tanto la sostenibilidad, preocupación por el medio ambiente, ahorro de recursos, así como la mejora de la comodidad de los usuarios son aspectos fundamentales a la hora de diseñar un espacio y tomar las decisiones clave que han sido una tendencia seguida durante los pasados años, pero como todas aquellas tendencias que perduran en el tiempo se ha convertido en una moda. No siendo concebible el diseño, la rehabilitación, nueva construcción o transformación en cualquier tipo de proyecto sin tener en cuenta factores clave como son el emplazamiento, climatología, arquitectura vernácula y/o estrategias pasivas.

En el caso de las edificaciones existentes, ya contamos con una ubicación determinada, un volumen, unos materiales, factores tanto físicos como estéticos que acotan e influyen de manera determinantes en la toma de decisiones. No tratándose de un lienzo en blanco, ya que muchos de ellos poseen una historia que no debe de ser ignorada. Pero a su vez siendo núcleos urbanos que nos ofrecen ventajas como el aprovechamiento de zonas ya urbanizadas con servicios públicos y privados a su alcance, planes de movilidad desarrollado, buenas comunicaciones dentro su misma ciudad, otras próximas, estaciones o aeropuertos; evitando la destrucción de edificaciones, minimizando la producción de residuos de demolición, la no alteración del medio y eliminación residuos peligrosos existentes en las mismas para sustituirlos por otros muchos más ecológicos y saludables. (Fréderic Druot et. al, 2007).

Para comprender mejor el potencial de estos conjuntos, se presenta un resumen de un estudio realizado en unos de los barrios construidos en Avilés, en los años 1955, durante el desarrollo industrial producido en la Villa.

DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

Estudios previos y problemática

Entre 1955 -1970 se construyen diferentes barrios en la ciudad que tienen por objeto alojar a los trabajadores y a sus familias, dotadas con diferentes infraestructuras y equipamientos (colegios, parques, mercados, servicios de abastecimiento públicos, etc.). Siendo pioneros y ejemplos de construcción en su época. (Marqués, 2017)

Actualmente, en el barrio se presenta una principal problemática: la nula actualización y reforma de su conjunto, pudiendo apreciarse como los bloques de viviendas siguen con las mimas condiciones desde el año de su construcción, con la desaparición de especies vegetales en las zonas comunes y el mercado, ubicado en el corazón, donde ahora nos encontramos un aparcamiento público de hormigón.

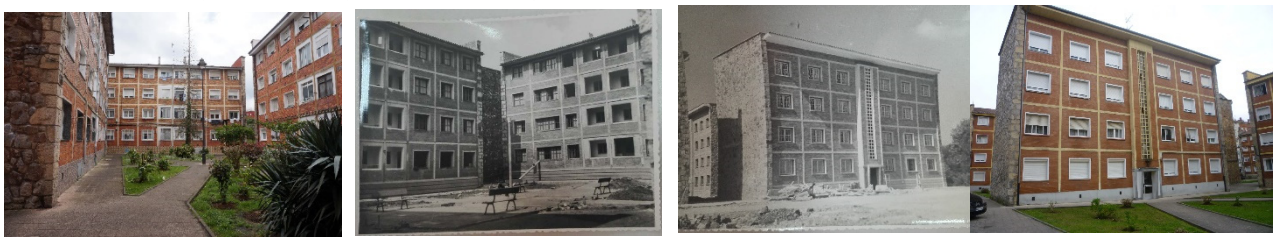


Figura 1. Fotografías del barrio en su construcción -año 1955- y en la actualidad. Fuente: (Marqués, 2017).

Por lo tanto, de manera resumida, se identifican los problemas en:

1. Falta de actualización y mantenimiento de los bloques de viviendas.
2. Falta de accesibilidad a las viviendas.
3. Falta de optimización de los recursos naturales.
4. Desaprovechamiento de las zonas comunes.

Siguiendo el esquema del método científico, se estudian los siguientes puntos, para proporcionar una opción que sea viable, comunitaria y durable.

1. Estudio de la arquitectura sostenible.
2. Modulación e introducción de datos en software específico.
3. Obtención de hipótesis presentes y futuras.
4. Aportación de ideas de mejora.

Arquitectura sostenible

Con la primera toma de contacto se tienen en cuenta 4 puntos fundamentales de la arquitectura sostenible:

- La arquitectura popular asturiana, con el fin de entender los métodos y materiales utilizados, en la zona, pudiendo tomar ejemplo de los mismos.
- Historia de la Villa de Avilés y del barrio: “La Texera” más conocido como el “Tocarate” ha sido uno de los primeros barrios financiados por la antigua ENSIDESA, hoy en día conocida como ArcelorMittal, siendo parte fundamental de la historia del concejo y su crecimiento industrial.
- Estudio de los parámetros influyentes en el confort de los usuarios, tanto físicos como psicológicos.
- Localización e influencia de a la climatología del área, así como la influencia de la industria.

Una vez recopilados todos estos datos se procede a la modelización e introducción de estos en programas específicos.

Modelización del barrio

ENVI-MET

Con este software se analiza de manera conjunta todo el barrio, sus zonas verdes, espacios comunes (viales, aceras) e incluso edificaciones cercanas; comprobando la influencia que ejercen unos sobre los otros. Concluyendo en las siguientes hipótesis:

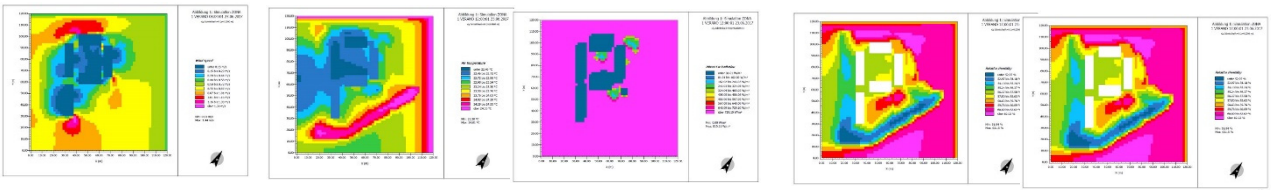


Figura 2. Gráficos exportados después de la modelización correspondiente, de izquierda a derecha, con: viento, temperatura del aire, radiación directa, humedad relativa y contaminación. Fuente: (Marqués, 2017).

- El viento: es generalmente uniforme. Incrementándose en verano, ayudando a reducir la sensación térmica. Diferenciándose, en invierno que predominan los vientos del Suroeste y en verano los Noreste.
- La temperatura del aire: al contar el barrio con pequeños espacios verdes entre edificaciones, estos influyen en su regulación térmica. Apreciándose aumentos de Tª en zona central que se destina a aparcamiento o los viales perimetrales a este.
- La humedad relativa: se comporta de manera similar a la temperatura. Reduciéndose en la zona central destinada a aparcamiento y viales debido al material. Aumentando en las estaciones intermedias (primavera y verano) que suelen ser más húmedas.
- Tres tipos de radiaciones: directa, difusa y reflejada.
    - **Directa:** se aprecian diferencias considerables entre estaciones, recibiendo en invierno menor cantidad de W/m2 debido a las sombras arrojadas entre los edificios, mientras que en verano nos encontramos con grandes cantidades a lo largo del día.
    - **Difusa:** no se aprecian prácticamente diferencias entre verano e invierno, siendo ésta muy pequeña.
    - **Reflejada:** teniendo relevancia, ya que, tanto en invierno como en verano, se concentra en el perímetro de los edificios y zonas comunes céntricas. Aumentando la cantidad de energía recibida.
- El último parámetro de estudio sobre el que aporta datos la simulación es la contaminación, de vital importancia, debido a la cantidad de industrias situadas en la comarca. Las concentraciones de partículas aumentan en aquellas zonas donde las velocidades del viento disminuyen o no es predominante, así como en la zona del aparcamiento donde hay carencia de elementos vegetales.

CLIMATE-CONSULTANT

En este caso y a través de la información presentada en el ábaco psicométrico, se analiza las condiciones de confort interior de las viviendas.

- Solamente durante el 9.8% dentro del edificio hay una situación de confort sin necesidad de utilizar ningún tipo de estrategia o medio.
- Necesidades de refrigeración: solamente durante 5.8% de los días del año se necesitará un aporte de energía, no siendo un problema en el caso de estudio (como ya se intuía en el estudio general del barrio en su conjunto).
- Mientras la necesidad de calefacción: es necesaria en el 83,7% de los días del año, si se quiere mantener un estado de confort en el interior. Una gran demanda de energía que se puede reducir escogiendo aquellas medidas más ventajosas para el caso de estudio.

Este gráfico nos aporta los siguientes datos:

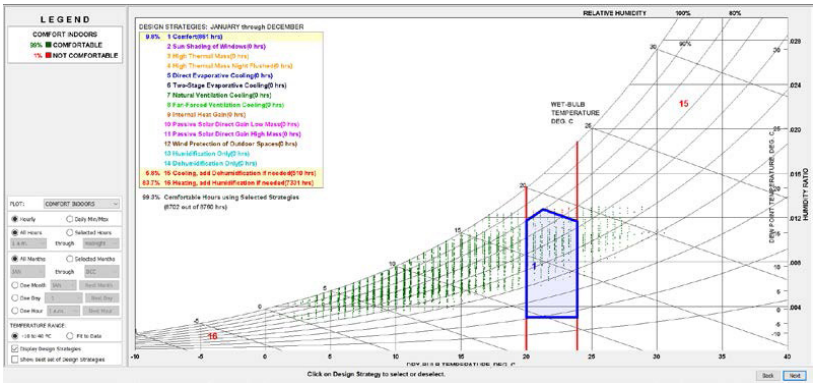


Figura 3. Ábaco psicométrico que nos permite evaluar las condiciones de confort dentro de las viviendas. Fuente: (Marqués, 2017).

PROPUESTAS DE MEJORA APLICABLES

Con el análisis inicial y la combinación de ambos programas se plantean una serie de medidas que actualizan, optimizan y aprovechan los recursos que ofrece el barrio y su entorno.

Propuesta de mejora del barrio en su conjunto

1. Mantenimiento y recuperación de los espacios centrales ajardinados.
2. Colocación de un ascensor, en cada uno de las pequeñas áreas centrales, que permita por medio de pasarelas, la comunicación con las viviendas y mejora de la accesibilidad. Reduciendo costes de instalación, mantenimiento y gasto energético, debiendo de cumplir los parámetros del certificado VDI 4707.
3. Terrazas exteriores y pasarelas, con estructura totalmente independiente a la del edificio, que aumentan el espacio de las viviendas y las comunican con el exterior (evocando el corredor típico asturiano).

Figura 4. Infografía de la propuesta con el núcleo central, terrazas y pasarelas. Fuente: (Marqués, 2017).

4. En el área central del barrio se reconvierte el espacio verde, ayudando a la estabilización de las temperaturas, humedad y reducción de la contaminación concentrada en esta zona. Para transformarse en un lugar de sociabilización y disfrute de la comunidad, compuesta por:
    - Zona peatonal: por la que pueden circular vehículos en momentos puntuales para acceder a las viviendas (equipos de bomberos, sanitarios, etc).
    - Zona ajardinada: contando con especies vegetales autóctonas y principalmente de hoja caduca, evitando en invierno arrojar sombras a las edificaciones próximas permitiendo la entrada de radiación, mientras que en verano crearían estabilizarían la temperatura y humedad mejorando la sensación de confort de los usuarios del barrio.

Propuesta de mejora del bloque de viviendas

Con influencia de las medidas del conjunto, se dan soluciones centradas en un bloque de viviendas. Mejorando a su vez en cuanto a confort ambiental, acústico, visual y psicológico.

1. Cambio de carpinterías actuales (correderas de aluminio con vidrio simple) por otras mucho más eficientes, estancas y que permitan una ventilación más controlada, para un ahorro del 20% aproximadamente.
2. Apertura de huecos en las fachadas que dispongan de terraza. En la mayoría de los casos nos encontramos que estas fachadas tienen una orientación sureste o suroeste, permitiendo aumentar el tamaño de los huecos e introducir, a las viviendas, más radiación solar y luz natural.
3. Terrazas: estas generan un nuevo espacio en las viviendas, conectando el interior con el exterior y ayudando a la entrada de radiación en invierno y reduciéndola en verano.

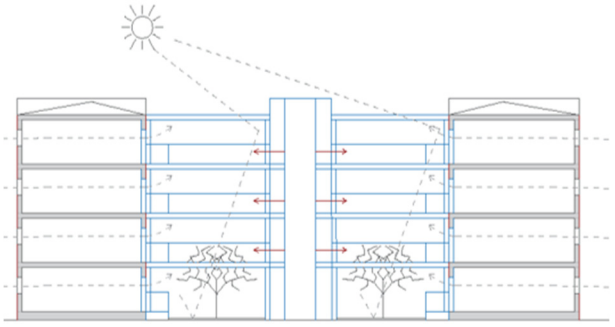


Figura 5. Esquema sobre la relación entre el nuevo núcleo vertical para mejora de la accesibilidad y medidas aplicadas en el caso de estudio. Fuente: (Marqués, 2017).

4. Aislamiento por el exterior en las fachadas principales: eliminando puentes térmicos y generando un ahorro del 30% aproximadamente. Las fachadas laterales cuentan con una fábrica de ladrillo y un muro de mampostería exterior que da suficiente inercia térmica, por lo que no necesitan ningún tipo de actuación.
5. Ventilación: las viviendas cuentan con ventilación natural cruzada, por lo que no se toman medidas para su mejora.
6. Aprovechamiento de las cubiertas y pasarelas para la instalación de fuentes de energía renovables.

CONCLUSIONES

Con la implantación de una serie de propuestas el barrio puede reducir en un 70% el consumo de la energía primaria. Pero requiere el esfuerzo y dedicación por parte de la administración y sociedad para tratar de impulsar y mejorar estos conjuntos y conseguir edificios que cumplan estándares nZEB, para proveer de manera eficiente tanto las necesidades actuales como las futuras que demandará la sociedad, como son el nuevo modelo de economía circular y las Smart Cities, empleando el potencial latente sin borrar su pasado y permitiendo reutilizar espacios que se creían abandonados.

REFERENCIAS

- Enerlis, Ernst and Young, Ferrovial and Madrid Network. 2012. Libro Blanco Smart Cities. Madrid : Imprintia.
- Fréderic Druot, Anne Lacaton and Jean-Philippe Vassal. 2007. Plus: la vivienda colectiva. Barcelona : Editorial Gustavo Gili, S.L.
- Marqués, Inés Rodríguez. 2017. Arquitectura Pasiva en Asturias. Caso de estudio: edificación en la Villa de Avilés. A Coruña: s.n., Septiembre de 2017.

[1] Fréderic Druot, Anne Lacaton and Jean-Philippe Vassal. 2007. Plus: la vivienda colectiva. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SL.

[2] Enerlis, Ernst and Young, Ferrovial and Madrid Network. 2012. Libro Blanco Smart Cities. Madrid. Imprintia.

[3] Marqués, Inés Rodríguez. 2017. Arquitectura Pasiva en Asturias. Caso de estudio: edificación en la Villa de Avilés. A Coruña: s.n., Septiembre de 2017.

REFORMA INTEGRAL CON PRESUPUESTO DE VIVIENDA SOCIAL Y RESULTADOS DE EDIFICIO DE ENERGÍA CASI NULA

Almudena López de Rego García-Arquimbau, Responsable de Oficina Técnica, Velux

Resumen: RenovActive es un proyecto de reforma integral con criterios de alta eficiencia energética, salud y sostenibilidad llevado a cabo en el municipio belga Anderlecht, próximo a Bruselas. Se trata de una vivienda unifamiliar social cuya renovación se ha llevado a cabo con estrategias sencillas y productos existentes en el mercado, para garantizar un enfoque replicable y asequible. Los resultados tanto en términos de energía como de confort y bienestar son excelentes, probando que se pueden alcanzar los objetivos de la directiva europea de Energy Performance in Buildings y de los estándares de sosteniblidad actuales sin superar el presupuesto de rehabilitación real adjudicado a una vivienda social. El proyecto se ha realizado conforme a los siete elementos identificados como clave de la estrategia de rehabilitación a gran escala durante este proceso de trabajo, y que se explican en este artículo. Se ha ubicado a una familia a vivir en el interior durante un ciclo de dos años desde junio de 2017, monitorizándose el consumo de la vivienda, los parámetros de confort y la evolución de la salud de los inquilinos.

Palabras clave: Renovactive, Vivienda Social, Rehabilitación Energética, Reducción Demanda, Rehabilitación Saludable, Replicabilidad, Reforma Asequible

INTRODUCCIÓN

Los edificios europeos son responsables del 40% del consumo total de energía del continente y 9 de cada 10 edificios actuales seguirán en funcionamiento en 2050 (Wegener et. al, 2016).

Por otro lado, el cambio de nuestro modo de vida en los últimos doscientos años nos ha convertido en habitantes de interiores, llegando a pasar el 90% del tiempo dentro de espacios cerrados (Sarigiannis, 2013). Esto modifica nuestra relación con ciertos elementos que juegan un papel fundamental en nuestra biología, como la luz natural o la calidad del aire que respiramos, produciendo efectos que merman la salud. El stock inmobiliario actual no se ajusta a nuestras necesidades ni intenciones y cómo abordar su transformación se convierte en uno de los retos de este siglo.

Figura 1. La vivienda Renovactive antes y después de la intervención.

Renovactive es una reforma integral de vivienda, llevada a cabo con técnicas y productos del mercado que consigue reducir drásticamente la factura energética, fomentando la salud y el confort en los espacios interiores. Da continuidad al proyecto Model Homes 2020 llevado a cabo entre 2009 y 2011, que pretendía demostrar que los requisitos establecidos para 2020 podían ser alcanzados con tecnología existente (Feifer et. al, 2014). En este caso, se busca extender el estudio al ámbito de la rehabilitación, añadiendo el condicionante de un presupuesto ajustado como el de la vivienda social y el uso exclusivamente de soluciones estándares del mercado.

La ejecución se terminó en mayo de 2016, y fue seguida de un periodo de puertas abiertas para académicos y profesionales. Desde junio de 2017 está habitada por una familia y es estudiada a través de la monitorización del comportamiento energético y los parámetros de confort.

Método

El proyecto persigue satisfacer los siguientes requisitos:

- Clima interior: la vivienda debía proporcionar altos niveles de iluminación natural, evitar el sobrecalentamiento y asegurar una buena calidad de aire con un sistema de ventilación a demanda.
- Coste asequible: la ejecución no debía superar el presupuesto asignado por el programa estatal para la rehabilitación de vivienda social.
- Replicabilidad: el proyecto sólo podía incluir materiales y tecnologías existentes en el mercado.
- Rendimiento energético: el uso de energía primaria debía cumplir la estricta normativa belga (y europea) sobre Eficiencia Energética en Edificios.

Los objetivos en materia de confort, energía e impacto medioambiental se fijaron conforme a las Especificaciones de Active House (Active House Alliance, 2011). Dado el escueto presupuesto para la reforma, se evaluaron varios escenarios según los resultados del diagrama indicador de este estándar. La intervención realizada responde al escenario más equilibrado en los tres aspectos, que respetaba el marco de financiación y la posibilidad de réplica.

Active House es un estándar de construcción sostenible norte europeo que evalúa los proyectos de arquitectura en términos de confort, medio ambiente y energía. La metodología Renovactive aúna rehabilitación con estos principios para dar lugar a estrategias que mejoran la eficiencia energética a la vez que devuelven al ser humano un poco del exterior en los espacios interiores, considerando la huella en el entorno en relación a las emisiones, el origen de los materiales, los residuos, etc. La vivienda elegida para el demostrador es una casa unifamiliar pareada, sita en el municipio belga de Anderlecht y con una tipología similar a los cientos de viviendas sociales de este país. Construida en el año 1920, cuenta con planta baja, planta primera y un espacio bajo cubierta no habitable repartidos en 83 m² útiles. Carece de aislamiento y sistema de calefacción.

Los siete elementos de RenovActive

Se han identificado los siguientes siete elementos como las estrategias más habitualmente aplicables y con mejor rentabilidad, definiendo así la metodología Renovactive:

1. **Mejora de la envolvente térmica:** los muros se aislaron con un SATE de 20 cm, la cubierta con 26 cm y se sustituyeron todas las ventanas por sistemas más aislantes y estancos al aire, con vidrios bajo emisivos dobles, y triples en orientación norte. Para independizar el espacio interior del contacto con el terreno, se levantó el solado original y se colocaron 16 centímetros de XPS y la instalación de suelo radiante.
2. **Aumento de la superficie acristalada:** ante la importancia de la luz natural para los ritmos circadianos de nuestro cuerpo, se ampliaron varios huecos de fachada y se abrieron algunos nuevos, tanto en vertical como en el tejado.
3. **Control solar dinámico:** la envolvente dinámica es fundamental para garantizar una buena eficiencia energética y temperaturas de confort durante el día y la noche, en todas las estaciones. Los huecos orientados a sur y oeste se equiparon con dispositivos móviles exteriores para reducir el sobrecalentamiento y dispositivos interiores para mejorar el confort visual.
4. **Efecto chimenea:** el núcleo de escalera conecta todas las plantas de la vivienda convirtiéndose en el espacio perfecto para ser coronado por una ventana en la cubierta. De esta manera, se iluminan las zonas comunes y de paso y se genera un tubo de ventilación, puesto que el aire caliente asciende y el limpio puede “barrer” toda la vivienda, empujando al viciado hacia fuera.
5. **Ventilación híbrida:** para optimizar la renovación higiénica de aire se combina el sistema de ventilación mecánica y el diseño arquitectónico que favorezca la ventilación natural, con la apertura automatizada de ventanas y la instalación de calefacción. La primera sirve para las épocas en las que la temperatura de confort dista mucho de la exterior, y a segunda ahorra en suministro de la instalación y favorece una disipación del calor efectiva cuando hay sobrecalentamiento.
6. **Recuperación de espacio:** aumentar la superficie útil nunca es más fácil que cuando el espacio ya está semi-construido. el espacio bajo cubierta sólo necesitaba ponerse a la altura de la nueva envolvente y un par de ventanas para convertirse en la mejor estancia de toda la vivienda. Todo con una inversión muy pequeña.

7. **Ampliación:** este caso permitía fácilmente aumentar el tamaño de la vivienda con un volumen exterior conectado por la cocina ya diseñado para proporcionar la entrada de luz, el contacto con el exterior y una distribución idóneas.

Resultados

Comportamiento energético

Los costes de climatización, así como los de ventilación se reducen en un 85% tras la intervención para un mismo nivel de confort interior. Sin embargo, se espera un nivel más alto de confort tras la reforma, puesto que los habitantes de vivienda social frecuentemente bajan sus estándares de confort con la intención de reducir el gasto energético bien estableciendo temperaturas más bajas, bien calentando sólo determinadas habitaciones.

La Tabla I muestra los valores de confort y comportamiento energético de acuerdo con el software de cálculo de eficiencia energética en edificios de Bélgica. Para poder evaluar el impacto de la actuación, se han utilizado como datos de consumo del estado inicial los teóricos calculados para una temperatura interior de 19° C, no los reales medidos en la vivienda.

	Antes de la reforma	Después de la reforma
Envolvente térmica	Sin aislamiento en envolvente opaca Doble vidrio en huecos	22 cm aislamiento env. opaca Vidrio bajo emisivo a S/E/O Vidrios triples a norte
Demanda energética de calefacción	700 kWh/m²	25 kWh/m²
Energía primaria	1300 kWh/m²	82 kWh/m²
Confort térmico en invierno	Not OK	OK
Confort térmico en verano	OK	OK
Clasificación energética	G	B
Consumo energético (excluyendo iluminación y enchufes)	5.000 €/año	800 €/año

Tabla I. Comportamiento energético de la vivienda antes y después de la intervención.

Confort interior

El incremento de la superficie acristalada en diferentes paramentos aumenta la cantidad y, especialmente, la calidad de la luz natural de la vivienda, proporcionando un ambiente interior más confortable y saludable. En la figura 2 se puede observar cómo se multiplica el factor luz día, que define el porcentaje de iluminancia en los distintos puntos de una estancia respecto a un espacio exterior. Esto reduce la necesidad de uso de iluminación artificial lo largo del año (Christoffersen et. al, 2014).

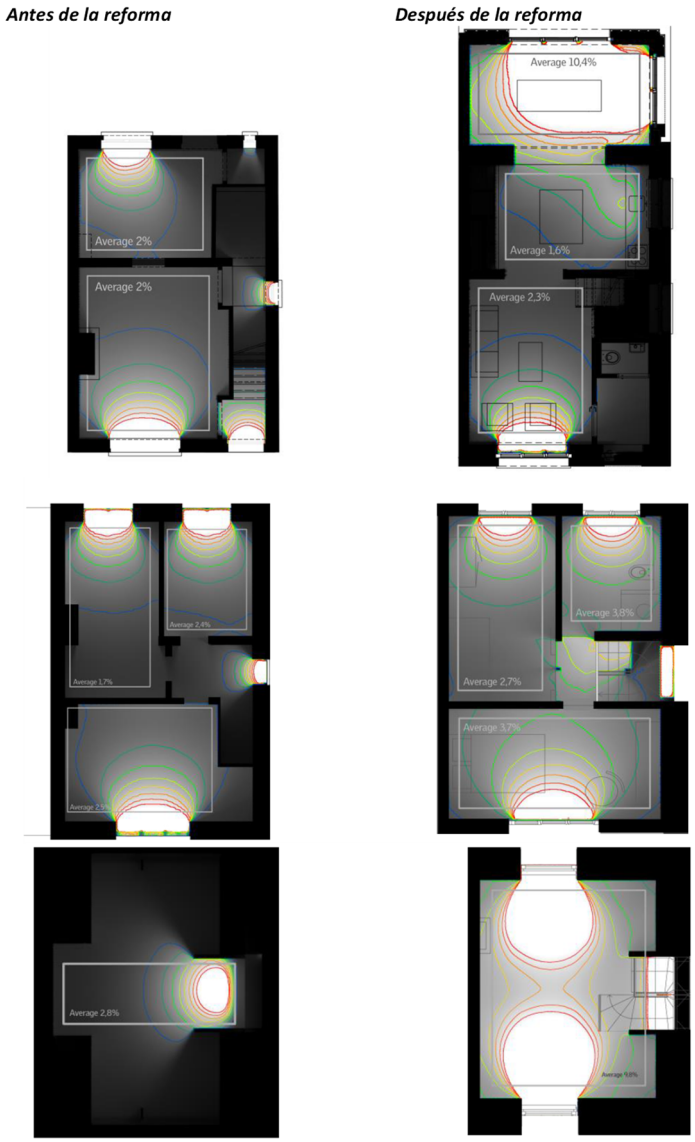


Figura 1. Esquemas de factor luz día calculado con Daylight Visualizer (Fjoldberg et. al, 2017).

Coste

El presupuesto que la empresa gestora de la vivienda pública proporciona por casa se calcula conforme al tipo de construcción y las políticas de cada año. En 2015, cuando fue solicitado el proyecto, y para una vivienda de las características de este caso concreto, la aportación económica era de 1,119 €/m² para reforma y 1,250 €/m² para obra nueva. El coste de Renovactive fue de 1,078 €/m².

Para evaluar la accesibilidad de estos precios, no hay que olvidar la diferencia del coste de vida entre España y Bélgica; la edad del edificio original y el hecho de que la tipología de la vivienda social en este país es fundamentalmente unifamiliar y de pequeñas dimensiones; así como la ampliación de superficie útil llevada a cabo.

Siguientes pasos

Desde junio de 2017, la casa se encuentra ocupada por una familia beneficiaria del programa de vivienda social local. Durante el periodo de dos años hasta junio de 2019, los parámetros de confort y consumos de la vivienda están siendo

monitorizados, mientras se lleva a cabo un seguimiento psico-social de la experiencia de los inquilinos con técnicas como cuestionarios y diarios escritos.

Tras el éxito técnico y la gran acogida social, la gestora de vivienda social Le Foyer Anderlechtois ya tiene el presupuesto suficiente reservado para replicar la intervención en otras 86 viviendas de su cartera en la misma zona próximamente, y planean continuar con este ritmo hasta hacer llegar la metodología a todos sus inmuebles.

CONCLUSIONES

El proyecto es un caso de éxito de rehabilitación replicable y de coste asequible, que reduce en gran medida la factura energética de la vivienda cumpliendo con los objetivos de eficiencia energética en edificios de Europa mientras provee al usuario de un ambiente interior inmejorable. Los siete elementos que contempla el concepto Renovactive son genéricos y fácilmente replicables a gran escala.

RECONOCIMIENTOS

El proyecto ha sido financiado por el VELUX Group. Daidalos y Matriciel han aportado la consultoría en ingeniería y la evaluación energética. La Universidad Humboldt de Berlín, la Universidad Vreie de Bruselas y Daidalos han colaborado en el proceso de monitorización.

REFERENCIAS

- Active House Alliance, 2011. Active House Specification. Active House Alliance, activehouse.info.
- Feifer, L., Foldbjerg, P., Asmussen, T.F. & Andersen, PA. 2014. Tomorrows buildings today – results, conclusions and learnings from a cross-european demonstration programme. Proceedings of World Sustainable Buildings 2014, Barcelona.
- Foldbjerg, P., Pauquay, S. & Geuens, J., 2017, Renovation of a single family house in a social housing garden city in Brussels: Indoor climate and post-occupancy monitoring.
- Galiotto, N., Foldbjerg, P., Christoffersen, J., Asmussen, T.F. & Pauquay, S., 2017, Affordable and replicable renovation of social housing fulfilling indoor climate and energy targets, Healthy Buildings 2017 Europe, Lublin, Poland.
- Holzer, P. & Foldbjerg, P., 2014, Control of Indoor Climate Systems in Active Houses, Proceedings of World Sustainable Buildings 2014, Barcelona.
- Sarigiannis, D.A., 2013. Combined or multiple exposure to health stressors in indoor built environments. WHO training workshop “Multiple environmental exposures and risks“.
- Wegener, B., Fedkenheuer, M., Rasmussen, M.K., Feifer, L., Bang, U., Christoffersen, J., Eriksen, K., Hemmingsen, N., Jankowski, C., Kragelund, L. & Beranove, S., 2016. Barómetro de la Vivienda Saludable 2016.

CASE STUDY: "RENOVE MANOTERAS" SAN PEDRO DE CARDEÑA 50 - REHABILITACIÓN ENERGÉTICA Y ELIMINACIÓN DE BARRERAS ARQUITECTÓNICAS

Carlos Bermúdez Alonso, Arquitecto, Estudio Bher Arquitectos
Diana Hernando Navarro, Arquitecta y Máster en Proyectos Arquitectónicos Avanzados, Estudio Bher Arquitectos

Resumen: La obtención del Primer Premio en el concurso "Renove Manoteras", convocado por la fundación COAM y patrocinado por el Ayuntamiento de Madrid, nos dio la oportunidad de rehabilitar un edificio dentro de un contexto específico: la obra se costea casi en su totalidad con subvenciones públicas y donaciones, por lo que la propuesta tiene que resolver la mejora energética y la accesibilidad mediante soluciones técnicas sencillas y económicamente viables. Se expondrá el contexto previo y el proceso constructivo de las obras, analizando la mejora energética -contrastando los valores teóricos de proyecto con los resultados obtenidos-, y añadiendo la experiencia directa de los vecinos. Nuestro proyecto ha resuelto exitosamente la integración en el entorno de esta rehabilitación, y en el marco de una regeneración urbana más amplia.

Palabras clave: Rehabilitación Energética, Eliminación de Barreras Arquitectónicas, Renovación Urbana

INTRODUCCIÓN

Este proyecto es resultado de un Concurso de Ideas convocado por el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid bajo el título "Renove Manoteras". El concurso buscaba soluciones de rehabilitación integral para dos bloques en el barrio de Manoteras; en este caso concreto el ubicado en San Pedro de Cardeña 50, tipología de dos edificios pareados simétricos, de 5 plantas de altura y dos viviendas por planta.

El objetivo era renovar la vida útil de un edificio con un alto grado de degradación, mejorando por un lado sus prestaciones energéticas mediante la rehabilitación de la fachada, y por otro eliminando las barreras arquitectónicas, dado que no existía ascensor y todas las viviendas debían superar tramos de escaleras para acceder a ellas. La iniciativa del concurso surge por la simultaneidad en el tiempo de dos subvenciones públicas que podían suponer un importante empujón para aquellas comunidades de propietarios interesadas en rehabilitar sus edificios, pero que no disponían de los importantes recursos necesarios para acometer las obras. Por una parte, estaban las ayudas del Plan Estatal de Vivienda 2013-2016, gestionadas por la Comunidad de Madrid. Por otro lado, el nuevo Plan Mad-Re, impulsado por el Ayuntamiento de Madrid. Además, las dos comunidades de propietarios seleccionadas por el Colegio de Arquitectos para participar en el concurso disponían de aportaciones extraordinarias por parte de la Fundación Annie Johansen a través de la Fundación Arquitectura del propio Colegio. El sumatorio de todas las ayudas ha supuesto que las obras de rehabilitación hayan podido ejecutarse con un coste muy reducido para los propietarios.

Figura 1. Imágenes del Primer Premio en el concurso "Renove Manoteras".

EL PROYECTO

El proyecto es una respuesta técnica a la excelente oportunidad que brinda el plan Renove Manoteras de mejorar las condiciones de vida de los vecinos de San Pedro de Cardeña nº50, y reavivar así una barrio constructivamente degradado y alejado de los estándares de confort actuales.

La intervención no solo ha solucionado las patologías existentes y supuesto una contundente reducción de la demanda energética, sino que además ha dotado al conjunto de una imagen actual, única y amable, en la que el nuevo volumen del ascensor se integra completamente en el edificio: no agrede ni anula estéticamente lo existente, acomodándose a ello sin generar divisiones entre “lo viejo y lo nuevo”.

Mediante la superposición de sistemas de control solar en las fachadas, se ha simplificado el trazado de las mismas. Ha habido por lo tanto un acercamiento a la sencillez de su composición original, pero respetando la individualidad y diversidad de huecos que ha dejado el paso de los años y las transformaciones debidas al uso. Igualmente se ha resuelto la ocultación de vistas de elementos estéticamente perjudiciales, como las máquinas de aire acondicionado o tendederos.

Antecedentes y estado previo

El edificio pertenece al conjunto del poblado dirigido de Manoteras, una de tantas barriadas madrileñas construidas en una época y circunstancias muy concretas, y que por lo tanto presentan unas características urbanas y constructivas también particulares.

Promovido en la década de 1960, el edificio que nos ocupa, como todos en la zona, había sufrido numerosas modificaciones con respecto a la obra original. Los propietarios habían cerrado terrazas, variado huecos, y añadido elementos a las fachadas, adaptando las viviendas a sus necesidades al mismo tiempo que desdibujaban la unidad del conjunto y envejecían la imagen de la construcción.

Figura 2. Imágenes del Estado Inicial de la edificación y el Estado Previo al concurso de arquitectura.

Descripción y justificación de la propuesta

Entorno y paisaje urbano

La máxima que rige la propuesta de intervención es la del respeto de lo existente y la unidad del conjunto, siendo conscientes además del perjuicio sobre iluminación y vistas que una actuación desmesurada podría haber causado a los ocupantes de las viviendas y al resto de vecinos de la zona.

El hecho de que el edificio pertenezca a un poblado, entendido como conjunto urbano único, hace que cualquier intervención en el mismo deba ser en todo caso respetuosa con el entorno, huyendo de cualquier tipo de agresividad que anule o ridiculice lo existente.

Es inevitable que, por motivos de accesibilidad, aparezca un nuevo volumen por delante del edificio. Se ha buscado que dicho cuerpo tenga el menor impacto posible sobre lo anterior, respetando además la composición original.

La propuesta ha tenido que ser aprobada por distintos departamentos del Ayuntamiento de Madrid, y se ha aprobado como única solución posible para esta tipología de construcción, por pertenecer a un "conjunto homogéneo".

Propuesta arquitectónica

El interés de nuestra propuesta arquitectónica radica precisamente en su capacidad para dar al edificio una imagen nueva y actual, fruto de la respuesta directa a las necesidades de eficiencia energética y accesibilidad.

Desde la sencillez y la economía ha sido posible escapar de banalidades, y creemos que el Nº50 de la Calle de San Pedro Cardeña es hoy ejemplo de rehabilitación energética respetuosa, sin necesidad de alardes constructivos y habiendo evitado la reproducción indiscriminada de patrones de acabados, como está sucediendo en numerosas rehabilitaciones energéticas.

Se ha utilizado un único material de acabado de fachada de tal forma que el fondo blanco es lienzo neutro y soporte para el resto de elementos; y se ha aplicado de forma continua, sin cambios de colores ni cercos ornamentales en las ventanas.

El mismo acabado se ha utilizado en el nuevo volumen del ascensor, de forma que queda unido al antiguo edificio con la mayor naturalidad posible, evitando poner el foco de atención sobre lo nuevo, y apostando por una imagen integradora.

Figura 3. Imágenes del el edificio después de la Rehabilitación.

Propuesta de eficiencia energética

Una de las mayores dificultades a la que nos hemos enfrentado ha sido la de conseguir los objetivos ENERGÉTICOS Y DE HOMOGENEIDAD DE LAS FACHADAS requeridos (tanto en la normativa urbanística como en las bases de las subvenciones) sin la sustitución de las carpinterías existentes.

En un primer vistazo se hace evidente la actual disparidad de huecos en las fachadas, tanto en las dimensiones de los mismos, como en el tipo de carpintería. Dichos huecos dispares ocupan además la gran mayoría de la superficie de la fachada principal. La solución a este problema se convirtió eventualmente en el elemento más característico de la propuesta. Por delante de la fachada principal se superpone una segunda fachada ligera, compuesta por un sistema de “persianas/toldos” proyectables de color amarillo, que cumple de forma eficaz las siguientes funciones:

- La homogeneización de las fachadas sin la sustitución de las carpinterías existentes, y por tanto sin anular la individualidad de las viviendas, ya que a día de hoy las ventanas están totalmente vinculadas a los usos interiores de las viviendas.
- Las persianas proyectables, además de oscurecimiento, cumplen la función de toldos (la fachada principal está orientada al suroeste), permitiendo el control solar en verano y consiguiendo así un AHORRO MUY IMPORTANTE EN REFRIGERACIÓN.
- Ocultación de máquinas de aire acondicionado, sin impedir su normal uso.

- Se posibilita el cambio no simultáneo de las carpinterías en etapas posteriores, pudiendo instalar las nuevas ventanas sin persianas, eliminando por tanto puentes térmicos, sin que todo esto suponga perjuicio alguno al resto del edificio.

El resto de soluciones para la rehabilitación energética son soluciones estándar de tipo pasivo y basadas fundamentalmente en el aislamiento de la envolvente térmica, adecuándonos al contexto económico de la intervención:

- Aislamiento contínuo de fachadas con sistema S.A.T.E., en color blanco, con aislamiento de poliestireno expandido (EPS) de 8 cm de espesor.
- Aislamiento de cubierta, mediante levantado de teja y reposición de la misma tras la colocación previa de impermeabilización y aislamiento térmico de 8cm de poliestireno extruido (XPS) de 10 cm de espesor.

Gracias a las medidas aplicadas, y según los certificados energéticos de proyecto, hemos conseguimos una mejora mínima de 2 letras en todos los parámetros del certificado energético del edificio. En estos momentos nos encontramos en proceso de monitorización de consumos, que nos permitirán ver que los resultados obtenidos se ajustan a los cálculos teóricos de proyecto.

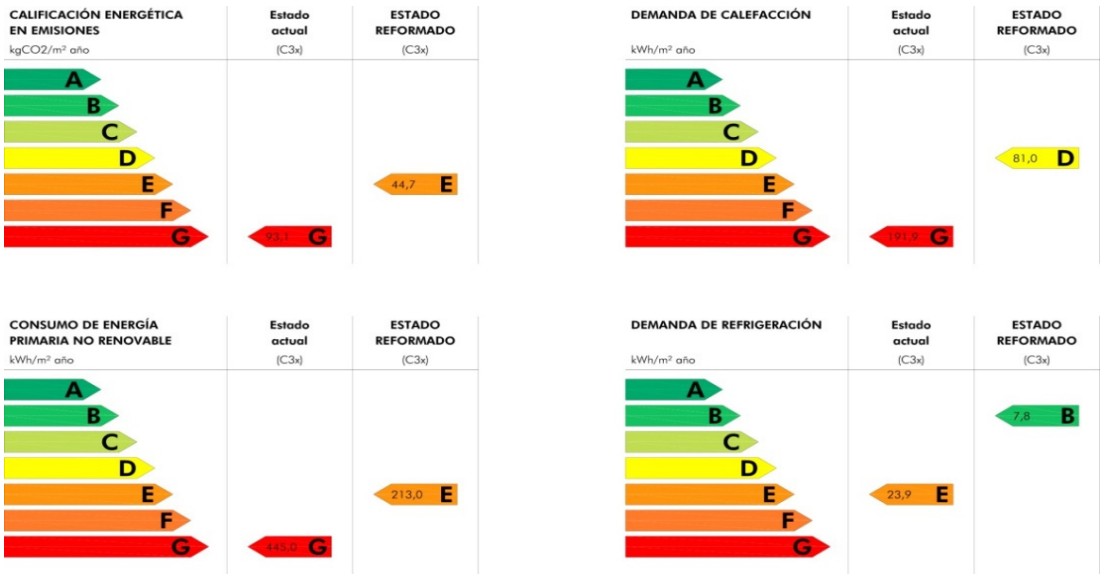


Figura 4. Cálculos energéticos del Estado Actual y del Estado Reformado.

Accesibilidad universal

Sabemos que el 100% de las viviendas deben ser accesibles, y además queremos que los itinerarios para usuarios de sillas de ruedas a todas ellas se produzcan siempre a través de ascensor y no con salva escaleras, que generarían situaciones de discriminación.

Como hemos explicado, las dimensiones del portal previo eran inferiores a las necesarias para colocar en su interior un ascensor y escaleras que cumplan con lo establecido en el CTE-DB-SUA. Ha sido necesario por lo tanto ocupar vía pública, siendo muy cuidadosos con las limitaciones técnicas que esto tiene a la hora de bloquear vistas o luz natural a las viviendas, o también de cara a la reducción de la acera o el número de aparcamientos para coches.

Las escaleras, que mantenemos en el interior de los núcleos existentes, son de un solo tramo recto, de ancho 90cm –admitido por el C.T.E. en el caso de colocación de ascensores en edificios de uso residencial existentes- y disponen de mesetas de llegada de ancho no inferior a 1,20m y sin puertas a menos de 40 cm del primer peldaño del tramo.

Nuestra propuesta se ha adaptado además completamente a las distintas normativas urbanas, muy en especial a la Ordenanza del Ayuntamiento de Madrid sobre Instalación de Ascensores en Fachada de Edificios Construidos de Uso Residencial, en la que se establece que “la solución planteada permitirá el correcto funcionamiento del espacio público”, y que limita la reducción de las aceras a un mínimo de 1,20 metros.La principal dificultad a la hora de acceder

al edificio era salvar la distancia que separaba las viviendas de la planta primera de la cota de calle utilizando el ascensor. Para evitar la colocación de salva escaleras, nuevas torres desproporcionadas en el exterior o la excesiva ocupación de la vía pública, ha sido necesario buscar otra solución para llegar al portal a la cota de acceso a estas viviendas. Para ello hemos adosado una rampa a la fachada del edificio, aprovechando el desnivel natural de la calle, que nos ha permitido salvar parte de esta cota. De esta forma la llegada al portal es para todos a un único nivel y a través de un itinerario accesible sencillo, en el interior y en el exterior.

Figura 5. imagen exterior e interiores del portal.

CONCLUSIONES

No estamos ante una rehabilitación que busca el "consumo de energía casi nulo"; para conseguirlo sería necesaria una intervención mucho más global, y que afectase no solo a fachadas, sino también a instalaciones individuales y comunitarias.

En el contexto en el que nos encontramos no se dan las condiciones sociales ni económicas necesarias para ese tipo de intervención. En primer lugar, porque estamos en edificios habitados, y hacer obras en el interior de las viviendas no solo tendría mayores implicaciones económicas sino que también supondría la necesidad de desalojar el edificio durante las obras. Además, dado el espectro social de algunas de estas barriadas, la inversión pública en modo de subvenciones sería inviable o desmesurada. Sin embargo, sí estamos ante un modelo que mejora sustanciosamente las prestaciones energéticas del edificio, ajustándose a esas limitaciones.

Los edificios que componen los barrios prioritarios a los que están destinadas las ayudas públicas representan un porcentaje muy alto en el parque inmobiliario de la ciudad. Es por ello, que la obtención de una reducción de dos letras en el consumo de energía en todos ellos, supondría un AHORRO ENERGÉTICO del que no solo se benefician individualmente los propietarios de las viviendas, sino que se convierte en una IMPORTANTE APORTACIÓN EN LA REDUCCIÓN de las importaciones de energía primaria y las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel estatal.

Desde un punto de vista urbanístico, estas intervenciones pueden ser además una oportunidad para renovar la ciudad, prolongar la vida útil de barrios degradados más céntricos en contra de la salida de los ciudadanos a la periferia. Sería interesante también aprovechar la oportunidad para acometer otras problemáticas urbanas relacionadas, tales como el soterramiento del cableado aéreo eléctrico, o la actualización de las instalaciones de agua y de saneamiento. Parece conveniente por otro lado establecer unos criterios comunes que eviten que estos barrios acaben convertidos en un muestrario de soluciones constructivas. Actualmente el Ayuntamiento de Madrid clasifica las diferentes tipologías en “conjuntos homogéneos”, en el que obliga a seguir una solución específica en términos de accesibilidad para todos los edificios que formen parte de esa misma tipología. Podría existir a su vez un criterio común para la rehabilitación de las fachadas. De tal forma que, sin ser totalmente restrictivo, dado el carácter privado de los edificios, sí evitase la pérdida de la homogeneidad en los barrios.

LA REGENERACIÓN DEL BARRIO DEL AEROPUERTO DE MADRID

José Luis López Delgado, Arquitecto, CREA Arquitectos Consultores
Mireya Reguart Oyarbide, Arquitecto, Estudio Reguart

Resumen: En julio de 2017 fuimos seleccionados como arquitectos por la Asociación de Vecinos del Barrio del Aeropuerto para desarrollar la rehabilitación integral de los edificios de su barrio mediante un proceso de participación vecinal gestionado por la AAVV con entrevistas a los arquitectos y participación de los seleccionados en la Asamblea del Barrio donde se pudo presentar la propuesta de trabajo y firmar un convenio de colaboración para acompañarlos en el desarrollo técnico y solicitud de ayudas públicas para acometer la Rehabilitación Integral de los edificios del barrio. Al mismo tiempo, el Ayuntamiento de Madrid aprueba el planeamiento de desarrollo de la zona y gracias a la concurrencia en su barrio de ayudas económicas facilitadas por los 3 niveles de administración pública (El Plan Madrid Recupera del Ayuntamiento de Madrid; El Plan Estatal de Vivienda; El Fondo de Reequilibrio Territorial), 58 años después de su construcción los vecinos se unen, impulsados por la necesidad de actualizar sus viviendas a las condiciones de habitabilidad, a embarcarse en la aventura de regenerar un barrio olvidado durante muchos años.

Palabras clave: Regeneración Urbana, Rehabilitación Integral, Participación Vecinal, Eficiencia Energética, Accesibilidad, Rehabilitación Energética, Ahorro Emisiones, Reducción Demanda

ANTECEDENTES

El pasado julio de 2017 fuimos seleccionados como arquitectos por la Asociación de Vecinos del Barrio del Aeropuerto para desarrollar la rehabilitación integral de los edificios de su barrio. El proceso de selección se realizó desde la AAVV mediante un proceso de participación vecinal que comprendía una serie de entrevistas con los vecinos y una convocatoria en la Asamblea del Barrio donde se pudo presentar la propuesta de trabajo y firmar un convenio de colaboración.

Figura 1. Asamblea de vecinos julio 2017.

EL BARRIO DEL AEROPUERTO

El ámbito del Barrio del Aeropuerto, con una superficie de 87.519 m2, se encuentra situado al sur del distrito de Barajas y al norte de la Autovía A-2, de la que le separa una estrecha franja de zona verde y una pantalla acústica.

Nace a raíz de la redacción del Plan General de Ordenación de Madrid (1941), aprobado por ley especial en 1946, como Plan General de Ordenación Urbana y de Ensanche para Madrid. Sus trabajos fueron iniciados en 1941 por el arquitecto y urbanista Pedro Bidagor Lasarte, por lo que el plan es conocido popularmente como Plan Bidagor.

Amparado por el Plan de Urgencia Social de Madrid en el año 1957 que permitía la construcción en todo el ámbito del Plan General con la condición de efectuar una cesión del 35% del suelo, en 1958 el arquitecto D. Luis Martínez Lebrato redactó un anteproyecto para la construcción de 2.600 viviendas y 5.200 m2 de naves industriales en los terrenos situados a los lados del arroyo de Rejas y poco después comenzaron a construirse los bloques que conforman el barrio actual y que se entregaron en los años 60.

Figura 2. Vista aérea del Barrio del Aeropuerto en la actualidad. Fuente: Google Earth.

Finalmente se construyeron 36 edificios residenciales de 4 tipologías distintas que suponen 547 viviendas. A día de hoy siguen permaneciendo en las mismas condiciones que cuando se construyeron 34 de ellos con pocas modificaciones respecto a sus inicios.

Figura 3. Imagen aérea del Barrio del Aeropuerto 192. Fuente: Cartografía de Madrid.

LA REGENERACIÓN DEL BARRIO

El Barrio actualmente presenta dos necesidades y niveles de actuación: los espacios libres y los edificios.

Regeneración de los espacios libres

La regeneración y recuperación de sus espacios libres está siendo acometida por el Ayuntamiento de Madrid a partir del nuevo marco administrativo que supone la redacción de un nuevo planeamiento sobre el barrio con fecha de junio de 2017. Los principales problemas a solucionar son los siguientes:

- La falta de drenaje y las deficiencias en el saneamiento que hacen que el barrio se inunde
- Espacios libres sin tratamiento, sin urbanizar
- La invasión del barrio por los vehículos del polígono empresarial colindante

Figura 4. Vista zona central del barrio sin urbanizar julio 2017.

Figura 5. Vista zona central del barrio un día laborable 2018.

Rehabilitación de la edificación

Entendemos por rehabilitación integral todas las actuaciones constructivas necesarias para resolver los problemas de una edificación y para actualizarla en la mayor medida posible. Esta actualización pretende adecuar las características del edificio a los parámetros actuales y al cumplimiento de la normativa técnica vigente en la medida de los posible, todo ello dentro de una homogeneidad de las soluciones aportadas y sin perder la identidad del conjunto.

El estado actual de los edificios básicamente viene generado por ser edificios de casi 60 años de antigüedad que se construyeron en un momento de la historia en la que primaba la rapidez de conseguir un alojamiento en lugar de los criterios de calidad, habitabilidad y funcionalidad de las viviendas. Son edificios que han sufrido el paso del tiempo y que presentan algunos problemas en los muros de carga que conforman la estructura del edificio y, en algunos casos (pocos) problemas de asiento en sus cimentaciones.

Además, el paso del tiempo ha deteriorado cubiertas y fachadas, en las primeras se han efectuado numerosas reparaciones y algunas sustituciones de la cobertura con diferentes soluciones.

Los tendederos han sido incorporados a las cocinas eliminando su función trasladándose a la fachada, en este momento muchas de las viviendas tienden en fachada sin ningún sistema de ocultamiento.

Las transformaciones en los sistemas de calefacción y agua caliente con la incorporación de las redes de gas y las salidas de humos y rejillas de ventilación han llevado a la apertura indiscriminada de huecos en fachada deteriorando el cerramiento.

Por último, los revestimientos empleados en el cerramiento se encuentran degradados lo que provoca la pérdida de la impermeabilidad, siendo comunes las filtraciones en algunos casos.

Podemos resumir que las fachadas se encuentran deterioradas perdiendo su capacidad funcional y mostrando una imagen degradada. Hay que añadir que de origen carecen de aislamiento térmico y que han sido alteradas por las actuaciones de los vecinos.

Figura 6. Vista calle Garganchón un día laborable 2018.

Ayudas de la Administración Pública

La intervención se plantea con necesidad de que rehabilitación cuente con las ayudas municipales existentes para este tipo de actuaciones. El Barrio del Aeropuerto está incluido como APIRU 21.01 Barrio del Aeropuerto (Áreas Preferentes de Impulso a la Regeneración Urbana) en el Plan MAD-RE del Ayuntamiento de Madrid, cumpliendo con las exigencias en él contempladas, mejorando la eficiencia energética del edificio en dos letras y reparando elementos comunes deteriorados interviniendo por tanto en su conservación y mantenimiento.

Además, cuenta con asignaciones en base a los convenios entre el Ministerio de Fomento y las Comunidades Autónomas para la ejecución del Plan Estatal de Vivienda 2018-2021: Programa de fomento de la mejora de la eficiencia energética y sostenibilidad en viviendas.

Y con el Fondo de Reequilibrio Territorial, también del Ayuntamiento de Madrid, fondos de la Junta de Distrito, como instrumento destinado a intervenir en los barrios o zonas vulnerables, así como a cubrir necesidades puntuales para la mejora social, urbanística y dotacional de la ciudad.

TRABAJOS PREVIOS

Reuniones con las Comunidades de Vecinos

Como primera actuación del equipo técnico, nos hemos reunido con cada una de las comunidades de vecinos del barrio para darnos a conocer y explicar el proceso y actuaciones que van a seguir sus edificios de forma que estuvieran convencidos de la oportunidad única administrativa y económica en la que nos encontrábamos y conscientes de la necesidad de renovación y actualización de sus edificios.

Otro aspecto relevante que lleva al éxito o al fracaso de las actuaciones de rehabilitación es que estas se llevan a cabo sin la necesidad de desalojar el edificio, por lo que deben considerar y tener en cuenta esta circunstancia. Las obras realizadas en el barrio se realizan en su gran mayoría desde el exterior del edificio ideando soluciones constructivas para que las obras en el interior de las viviendas sean las menos posibles. Estas reuniones técnicas han sido además reforzadas por la convocatoria de Asambleas de Vecinos con la participación del Ayuntamiento de Madrid para reforzar la confianza de unos ciudadanos que han ido perdiendo la fe en la posible regeneración de su barrio. El cuidado y atención a los vecinos desde el plano técnico y el administrativo fomentando el trabajo conjunto entre los Arquitectos, la Asociación de Vecinos y el Ayuntamiento ha sido el detonante para unir al barrio y acometer la rehabilitación del 100% de edificios residenciales.

Termografías y Estudio Blower Door

Además del estudio geotécnico, que nos ha permitido saber las características del suelo y así poder valorar las actuaciones a contemplar en los proyectos de ejecución, se han realizado Termografías para constatar las zonas de

pérdidas térmicas de las viviendas hacia el exterior y un ensayo Blower Door para medir la hermeticidad de las viviendas.

Figura 7. Imagen de los ensayos realizados en las viviendas del barrio. Marzo 2018.

Este tipo de estudios, muy visual, es una ayuda didáctica que facilita la comprensión por parte de los vecinos de las actuaciones a realizar.

LA REGENERACIÓN ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS

En cuanto a la eficiencia energética se ha actuado sobre la totalidad de la envolvente del edificio, aislando las fachadas con revestimiento continuo que evita los puentes térmicos, sustituyendo las carpinterías y el acristalamiento, se completa la actuación con una ejecución de cubierta inclinada de panel sándwich con aislamiento térmico dispuesto sobre el forjado horizontal y entre los tabiquillos de pendienteado que delimita la envolvente. Se trata de diseñar una actuación que tenga objetivos precisos y desarrolle las actuaciones con los materiales, técnicas y procedimientos que ofrezcan un mejor resultado con mínimo mantenimiento en base a esos objetivos. Hay que añadir que el principio rector de las actuaciones es la coherencia técnica y que los parámetros económicos son determinantes. Ni que decir tiene que la adecuación al entorno, los criterios arquitectónicos y los deseos y necesidades de la población que habita en ellos son elementos esenciales en la toma de decisiones.

Fachadas

Todas las zonas ciegas de la fachada principal se protegerán con un sistema de aislamiento adosado por su exterior, acabado con un mortero acrílico armado con malla de fibra de vidrio y acabado acrílico, con el fin de adecuar las condiciones generales de impermeabilidad y aislamiento térmico del edificio adecuado al CTE en el DB HE1 Limitación de Demanda Energética. El sistema SATE proyectado incorpora placas de poliestireno expandido de 8cm de espesor y densidad de entre 15 y 20 Kg/m3 y una conductividad térmica a 0ºC de 0,036 W/mK, autoextinguible y estabilizado, con reacción al fuego B-s2 d0.

Cubiertas

La intervención proyectada conserva la volumetría actual del edificio levantando la cobertura actual que en muchos de los edificios sigue siendo la original de fibrocemento con los riesgos para la salud de los vecinos que conlleva. Posteriormente y apoyados sobre los tabiques se colocan unos rastreles longitudinales que sirven de apoyo al panel sándwich de terminación, bajo el mismo y sobre el forjado entre los tabiques palomeros se colocará manta de lana de roca de 8cm. Para facilitar este cambio de pendiente está previsto recrecer los petos de cubierta en 50cm. La intervención prevista mejora la envolvente térmica e impermeabiliza las viviendas en su cubierta.

Ventanas

Se idea un sistema de sustitución de ventanas que aprovecha el cerco de las existentes para la colocación de las nuevas carpinterías lo que evita la realización de grandes obras en el interior de las viviendas. Las nuevas carpinterías son de aluminio lacado con rotura de puente térmico, persiana y hojas oscilobatientes. El acristalamiento es doble 4/16/10.

Calificación Energética

El resultado final queda reflejado en la calificación energética que mejora en dos escalones la certificación, después de las obras, suponiendo un ahorro en demanda de energía aproximado al 60%. Los plazos de amortización de la inversión son irrelevantes debido a la pobreza energética que existe en el barrio, aunque debemos de valorar el aumento del confort y calidad de vida en la habitabilidad de las viviendas.

Estudio de reducción de las emisiones y la demanda de calefacción antes y después de la rehabilitación en base a la calificación energética	**EMISIONES** **kg CO2 /m2 año**	**DEMANDA CALEFACCIÓN** **kWh /m2 año**
ANTES DE LA REHABILITACIÓN	80,00	174,40
DESPUÉS DE LA REHABILITACIÓN	39,10	56,20
REDUCCIÓN POR m2	**-40,90**	**-118,20**
En base a la superficie construida residencial del barrio: 26.331,00m2	**EMISIONES** **kg CO2 año**	**DEMANDA CALEFACCIÓN** **kWh /m2 año**
ANTES DE LA REHABILITACIÓN	2.106.480,00	4.592.126,40
DESPUÉS DE LA REHABILITACIÓN	1.029.542,10	1.479.802,20
REDUCCIÓN TOTALIDAD DEL BARRIO	**- 1.076.937,90**	**- 3.112.324,20**
% DE AHORRO	**51,13**	**67,78**

Tabla I. Estudio de reducción de las emisiones y la demanda de calefacción antes y después de la rehabilitación.

Un barrio que consigue dejar de emitir 1.000 toneladas de CO2 anuales con unas obras técnicamente sencillas que modificarán los edificios actualizándolos a niveles de habitabilidad, funcionalidad, confort y calidad actuales.

Figura 8. Infografía estado reformado.

MODERNISMO MODERNO: RECUPERACIÓN DE UNA FINCA HISTÓRICA VÍA EL ESTÁNDAR PASSIVHAUS

Oliver Style, Consultor Passivhaus, Director, Progetic
Bega Clavero, Consultora Passivhaus, Progetic
Vicenç Fulcarà, Ingeniero Técnico industrial, Director, Progetic
Lucía Olano, Arquitecta

Resumen: Se presenta la rehabilitación energética de una finca histórica en Barcelona, bajo los parámetros de EnerPHit por demandas que establece el Estándar Passivhaus. El edificio, data de principios del siglo XX y tiene una superficie construida de 303 m2, distribuida en PB + 3PP. El objetivo de este proyecto ha sido crear una vivienda lo más eficiente posible y recuperar el aspecto modernista del edificio original, perdido en varias reformas. Para ello, se ha utilizado el sistema SATE como vehículo para la creación de relieves y cornisas en la fachada y carpinterías de altas prestaciones que recrean el aspecto de la época (p.e. falsos parteluces, etc.). Se presentarán las estrategias pasivas (aislamiento térmico, protección solar, hermeticidad), y las instalaciones (climatización con aerotermia, pared radiante, deshumidificación y radiadores de baja temperatura) que varían según las posibilidades de implantación en cada zona de la vivienda.

Palabras clave: Rehabilitación Energética, Rehabilitación Integral, Edificio Histórico, Patrimonio, EnerPHit, Passivhaus, EECN, Eficiencia Energética

INTRODUCCIÓN

El parque de viviendas en necesidad de rehabilitación integral crece a nivel nacional año tras año, con cifras tales como que el 16,21% del total de edificios anteriores a 1980 se encuentran en un estado ruinoso, malo o deficiente. La rehabilitación o sustitución de un elemento constructivo por otro de mejores prestaciones térmicas, sin considerar el edificio de manera integral, puede crear un problema mayor. Por ejemplo, el cambio de ventanas como medida única, puede llevar a patologías y daños relacionados con la humedad y las condensaciones, si no se combina con la ventilación mecánica: al sustituir ventanas, se reducen las infiltraciones, y sin una ventilación adecuada, la humedad relativa del aire interior aumenta, condensando sobre superficies frías.
EnerPHit ofrece una metodología bien definida para acometer las rehabilitaciones: EnerPHit por demandas, EnerPHit por componentes y EnerPHit paso a paso, con directrices claras para evitar patologías.

SISTEMAS PASIVOS: LA RECUPERACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

Después de un proceso de documentación sobre la finca y copiando el aspecto de su finca hermana, al otro lado de la calle, se ha recuperado la fachada lisa con molduras imitando a las originales. La ampliación posterior, así como la remonta de las plantas 2 y 3, se ha separado estéticamente de la vivienda original, mediante un aspecto sobrio y de líneas rectas.

Después de un proceso de documentación sobre la finca y copiando el aspecto de su finca hermana, al otro lado de la calle, se ha recuperado la fachada lisa con molduras imitando a las originales. La ampliación posterior, así como la remonta de las plantas 2 y 3, se ha separado estéticamente de la vivienda original, mediante un aspecto sobrio y de líneas rectas.

Se ha utilizado el SATE con una doble función, como aislamiento principal de los muros de la vivienda y como elemento moldeable que ha conformado la fachada: se han realizado vueltas, esquinas curvadas y relieves (Figura 3., Figura 4.).
El aislamiento es de EPS con grafito, de 120 mm de espesor, con una conductividad térmica de 0,032 W/m·K.
En la fachada medianera, se ha aislado por el interior con un trasdosado de lana mineral (λ = 0,032 W/m·K).
En la fachada Oeste, que da a la vía pública, al no poderse instalar SATE, se optó por insuflar lana mineral (λ = 0,034 W/m·K) en la cámara de aire existente, de 110 mm de espesor.

Figura 1. Vivienda antes de la rehabilitación.

Figura 2. Vivienda en fase de acabados interiores.

Figura 3. Sobre-aislamiento de los arcos de las ventanas originales.

Figura 4. Molduras y curvas en jambas y dinteles de las ventanas.

Con el propósito de que los acabados fuesen en consonancia con la época de la vivienda, se optó por un acabado en mortero de cal. Cabe destacar también, el uso de materiales tradicionales en los acabados interiores, como el enlucido de yeso en muros y suelos con mortero de cal, materiales que ayudan a regular higro-térmicamente la vivienda y aportan un gran confort.

Las carpinterías han sido otro punto clave: se han fabricado carpinterías de madera con el dintel curvo, que recuerdan la estética modernista, pero de altas prestaciones térmicas. Dichas prestaciones, se consiguen mediante un perfil de madera de 78 mm, que enmarca un solo vidrio por hoja, disimulado mediante falsos parteluces (Figura 5).

Los parteluces son en realidad intercalarios colocados estratégicamente entre las dos hojas del acristalamiento y acabados al exterior con un listón de madera fijado a los laterales.

Sumado a una cuidada instalación de la carpintería, donde se ha reducido el puente térmico mediante el sobre-aislamiento del marco y la instalación de cintas pre-comprimidas, se consigue un elemento arquitectónico con una transmitancia de ventana instalada de Uw= 1,37 W/m2·K (Figura 6, Figura 8).

Para el control de la carga solar, se han previsto porticones tradicionales con lamas regulables, en las ventanas de la fachada Oeste y vidrios de control solar con persianas venecianas en la Planta 3, que tiene grandes aperturas.

Figura 5. Balconera de Planta Baja.

Figura 6. Sobre-aislamiento del alféizar con SATE.

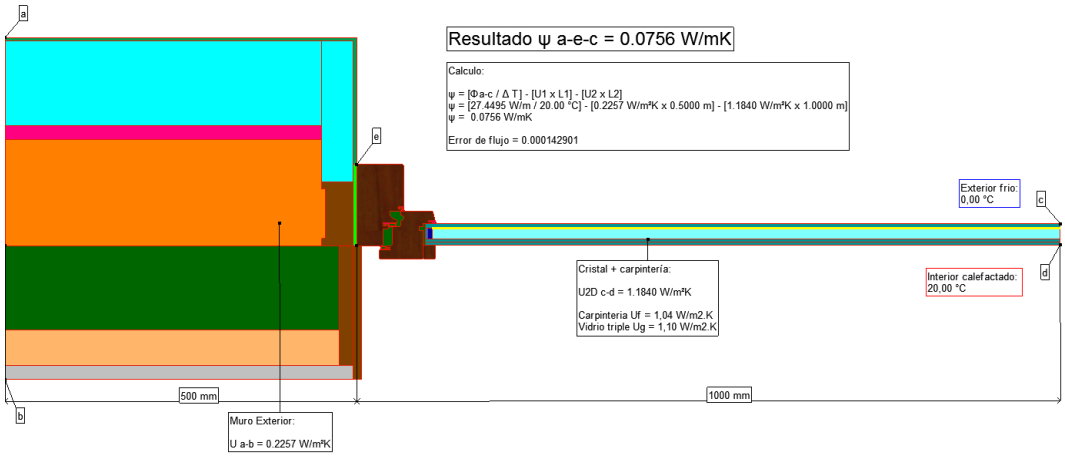


Figura 7. Cálculo de puente térmico de instalación de ventana en la jamba.

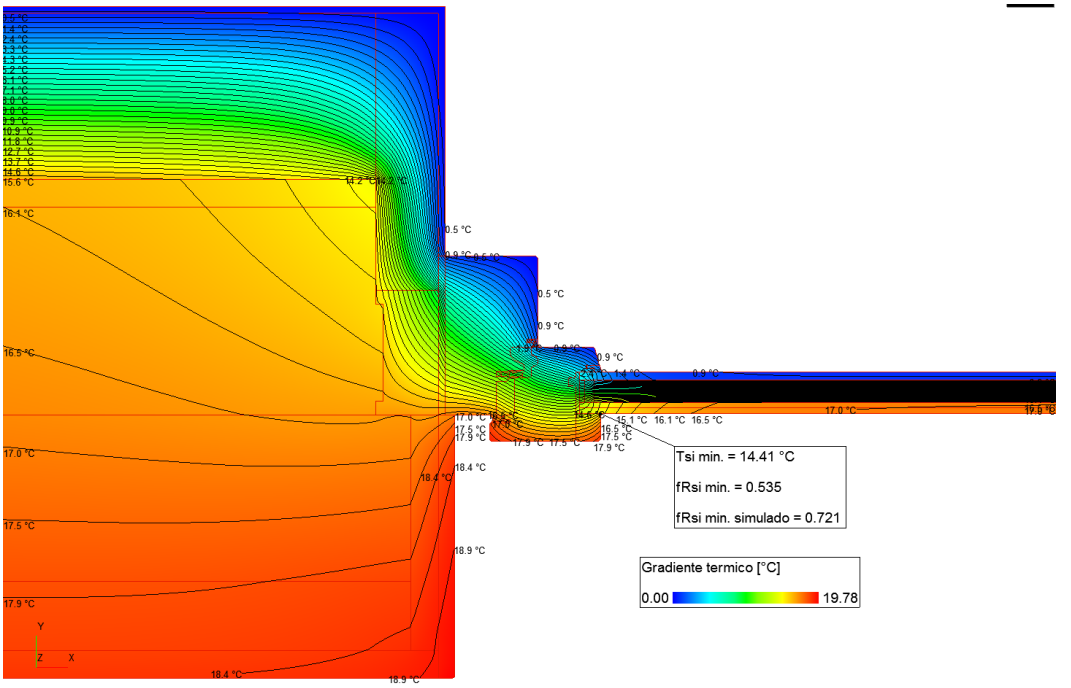


Figura 8. Cálculo de temperatura superficial, confort & higiene.

La estrategia de hermeticidad se ha planteado por el interior de la vivienda, consiguiendo un resultado en el Test Blower Door de 1,60 renovaciones por hora. La capa hermética se compone de:

- **PIR sobre la solera**, encintado entre sí y sellado con pintura hermética los muros.
- **Enyesado en los muros**, exteriores y paredes maestras interiores.
- **Cinta precomprimida y pintura hermética** entre las carpinterías, que son de Clase 4, y los muros exteriores.
- **Chapa metálica en la cubierta**, piezas selladas entre sí con pintura hermética.

SISTEMAS ACTIVOS: CONFORT EN UN CLIMA CÁLIDO-HÚMEDO

Como primer paso en la proyección de los sistemas de climatización, se realizó un cálculo de las cargas térmicas de calefacción y refrigeración con un modelo multi-zona, usando la herramienta de cálculo termo-dinámico DesignBuilder-EnergyPlus. Las condiciones de cálculo y los resultados se muestran en la Tabla 1. Se calibró el PHPP para reflejar las mismas condiciones de cálculo, para comparar resultados. Destaca la carga térmica máxima de refrigeración de 55 W/m2 en la cocina, debido a su orientación al oeste y las altas ganancias internas por los equipos (horno, nevera etc.).

Se optó por el siguiente sistema de climatización y renovación de aire:

- **Generador térmico:** bomba de calor aerotérmica de 8kW potencia nominal (Figura 9)
- **Deshumidificadores:** 2 deshumidificadores de 350 m3/h caudal nominal (Figura 10)
- **Elementos terminales:** pared & techo radiante + radiadores de baja temperatura (Figura 11, Figura 12)
- **Renovación de aire:** recuperador entálpico de 600 m3/h caudal nominal

La solución escogida cubría las cargas térmicas máximas y cumplía con el (poco) espacio disponible y el confort que buscaba la promotora. El sistema cuenta con un sistema de control con mini-server, para la integración de los equipos y el control de la deshumidificación en verano. El caudal de ventilación se controlará con una sonda de CO2 en el conducto de retorno del aire viciado, que aumenta caudal cuando se supera la consigna de 900 PPM's de CO2.

	T. aire ext. [ºC]	T. aire int. [ºC]	¿Ganancias solares & internas?	Carga Design Builder [W/m2]	Carga PHPP [W/m2]
Carga calefacción mínima	*0 ºC*	*21 ºC*	*No*	*12*	-
Carga calefacción media				**25**	**26**
Carga calefacción máxima				*39*	-
Carga refrigeración mínima	*34 ºC*	*24 ºC*	*Sí*	*14*	-
Carga refrigeración media				**32**	**28**
Carga refrigeración máxima				*55*	-

Tabla IV. Cargas térmicas de calefacción y refrigeración, DesignBuilder & PHPP.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El resultado es una vivienda rehabilitada siguiendo el estándar Passivhaus, con una demanda energética baja y unas instalaciones de alta eficiencia energética:

- Demanda de calefacción: 19 kWh/m2·a
- Demanda de refrigeración: 23 kWh/m2·a
- Consumo de energía primaria no renovable: 83 kWh/m2·a

A estos resultados se suma la recuperación del patrimonio de la ciudad, demostrando que hay soluciones factibles en obra y que existen productos y sistemas adaptables para la rehabilitación energética de edificios patrimoniales y con alto valor histórico.

Figura 9. Unidad exterior de la bomba de calor.

Figura 10. Deshumidificador.

Figura 11. Techo radiante.

Figura 12. Pared radiante.

REFERENCIAS

[1] Cuchí A. & de la Puerta, I., 2016, Diagnóstico de la Rehabilitación en las Comunidades Autónomas. Luces y Sombras de un Sector que no Despega, GBCE – Fundación Conama, Madrid.

IMPULSO DE LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DESDE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

Lluís Morer i Forns, Jefe Programa de Eficiencia Energética, Instituto Catalán de Energía
Ainhoa Mata Pérez, Jefe Unidad de Edificios, Instituto Catalán de Energía

Resumen: En los edificios se consume el 40% de la energía total en Europa, debido sus bajos niveles de aislamiento y a la ineficiencia de sus instalaciones. La rehabilitación a gran escala permitirá reducir la demanda de energía que requieren los edificios, mejorando a su vez el nivel de confort de sus usuarios. Este objetivo se intuye lejano debido a múltiples barreras tanto económicas (requiere elevadas inversiones, la financiación es escasa, etc.) como sociales (se desconocen los beneficios de la rehabilitación, se necesita el consenso de la comunidad de propietarios, etc.) Conocer cómo son los edificios y cómo se pueden mejorar son dos puntos importantes en el camino hacia unos edificios más eficientes. Por ello el Instituto Catalán de Energía ha impulsado múltiples herramientas para conocer el estado de nuestros edificios como el observatorio del estado energético de los edificios, informe del gasto energético o el buscador de certificados, que permiten la consulta de los numerosos datos del registro de certificados de eficiencia energética de Cataluña. A su vez, se ofrecen múltiples instrumentos para difundir las medidas de mejora energética más adecuadas en cada situación como el portal sobre rehabilitación, infografías o el simulador de medidas de rehabilitación. Todas estas herramientas tendrán sentido si llegan al ciudadano, las utiliza, y sirven para reflexionar y actuar rehabilitando el parque de edificios.

Palabras clave: Rehabilitación, Administración Pública, Energía, Sensibilización Ciudadana, Certificación Energética, Eficiencia Energética

INTRODUCCIÓN

Los edificios requieren el 40% de la energía total que consumimos en Europa. Aunque en la Comunidad Autónoma de Cataluña este porcentaje disminuye debido a la bonanza del clima, el sector doméstico representa el 15,1 % y los edificios de servicios representan el 12,2 % del consumo de energía final. Este elevado porcentaje es debido a la antigüedad del parque de edificios, la mayoría de los cuales carece de un mínimo nivel de aislamiento térmico y dispone de unas instalaciones poco eficientes.

La rehabilitación energética de los edificios a gran escala permitirá una necesaria disminución de la demanda de energía, así como una menor dependencia energética del exterior. Así mismo, mejora el confort térmico y acústico, y la salud de los usuarios de los edificios. Además de estas ventajas sociales, comporta unas mejoras económicas como son el ahorro en la factura energética, la revalorización del inmueble y la generación de puestos de trabajo en la construcción. A pesar de esas ventajas, el aumento del número de rehabilitaciones es leve. Existen múltiples barreras que impiden el avance de la rehabilitación. Los usuarios de los edificios desconocen sus beneficios, falta cultura del mantenimiento y a su vez, las mejoras en la envolvente de los edificios requieren un consenso en las comunidades de vecinos que resulta difícil conseguir. A su vez, las inversiones son elevadas, especialmente en las mejoras de la envolvente. La dificultad para conseguir financiación se une a las barreras anteriores.

DESCRIPCIÓN

Desde el Instituto Catalán de Energía (ICAEN) se han realizado múltiples acciones para impulsar y promover la rehabilitación energética de los edificios, conociendo el estado de los edificios, y difundiendo qué medidas de rehabilitación son más adecuadas en cada caso.

Herramientas para conocer el parque edificatorio

Se pone a disposición de los ciudadanos herramientas para conocer mejor el comportamiento energético del parque de edificios gracias a los datos del registro de certificados de eficiencia energética de edificios de Cataluña, que cuenta con casi 900.000 certificados. Desde el observatorio del estado energético de edificios de Catalunya, se elabora un documento que muestra, por ejemplo, la relación entre la mejora de las calificaciones al aplicar normativas más exigentes, o la inapreciable mejora de las calificaciones en los edificios existentes, como signo del lento avance de la rehabilitación. También se muestra la relación entre el consumo (en kWh y en €) energético y la calificación energética, en función de cada zona climática.

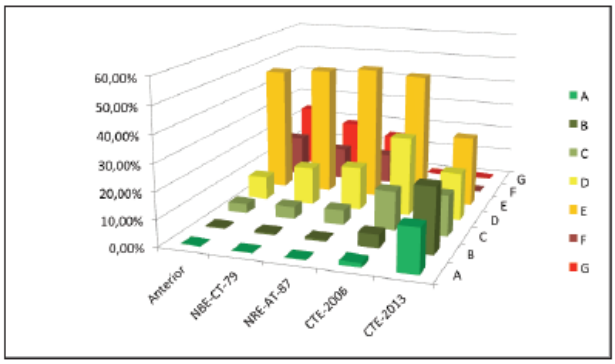


Figura 1. Porcentaje de certificados tramitados en función de la normativa de aplicación en el momento de la construcción y de la calificación energética obtenida. Mejora de la calificación a medida que la normativa se vuelve más exigente.

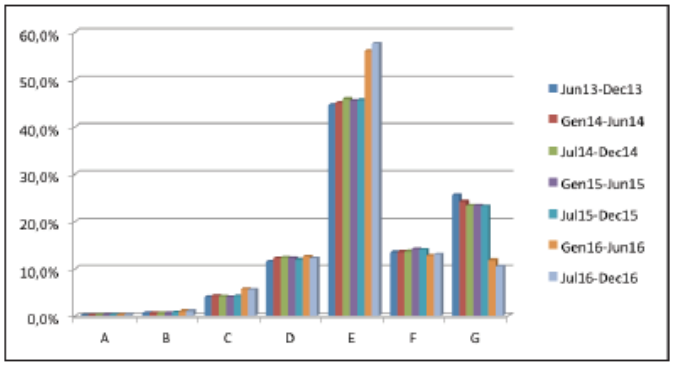


Figura 2.Porcentaje de certificados según las emisiones de dióxido de carbono. Evolución semestral. Edificios existentes. No se aprecia mejora de las calificaciones gracias a la rehabilitación.

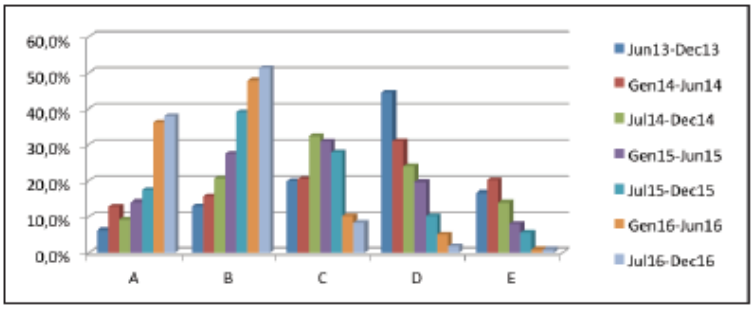


Figura 3. Porcentaje de certificados según las emisiones de dióxido de carbono. Evolución semestral. Edificios de nueva construcción. Debido a la mayor exigencia del código técnico de 2013, hay un aumento de las calificaciones A y B.

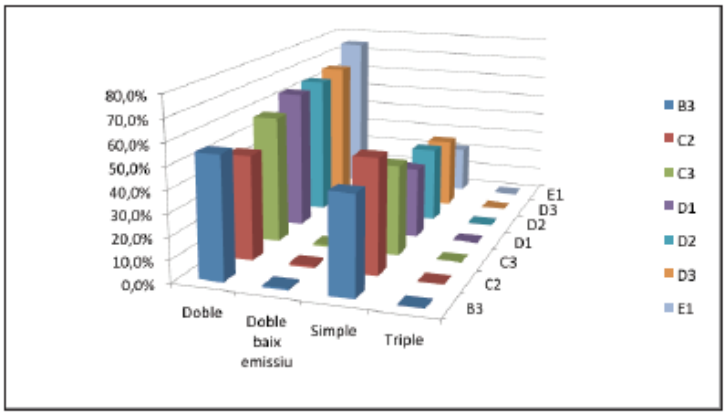


Figura 4. Tipo de vidrio mayoritario. Edificios existentes. Las carpinterías de vidrio doble representan el 62% respecto del total, aumentando hasta el 76 % en los climas más fríos. La facilidad de la sustitución, no tener que consensuar el cambio con la comunidad de propietarios y la mejora de confort térmico y acústico, facilitan la aplicación de esta medida de rehabilitación.

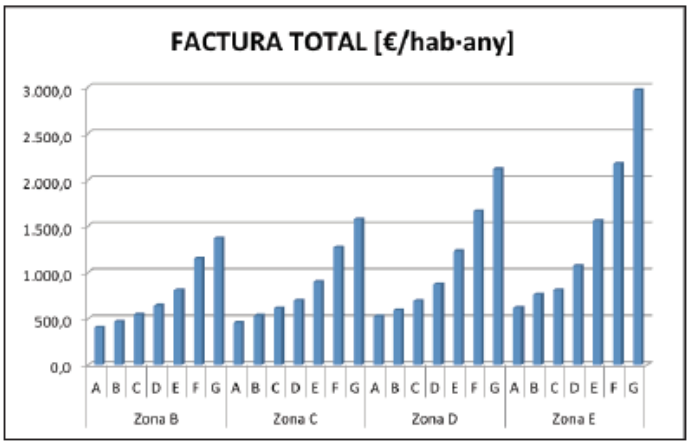


Figura 5. Factura energética total y porcentaje de ahorro económico respecto de una calificación G, para una vivienda de 80 m^2.

En una apuesta por la facilidad de acceso a los datos del registro, se dispone de un buscador de certificados que permite descargar la etiqueta de eficiencia energética e informa de forma gráfica, a modo de semáforos, de las características de la envolvente térmica y las instalaciones del edificio.

Figura 6. Buscador de certificados de eficiencia energética de edificios de Cataluña.

Las calificaciones de eficiencia energética en toda Catalunya también se pueden consultar en un mapa interactivo (hipermapa) vinculado al buscador de certificados.

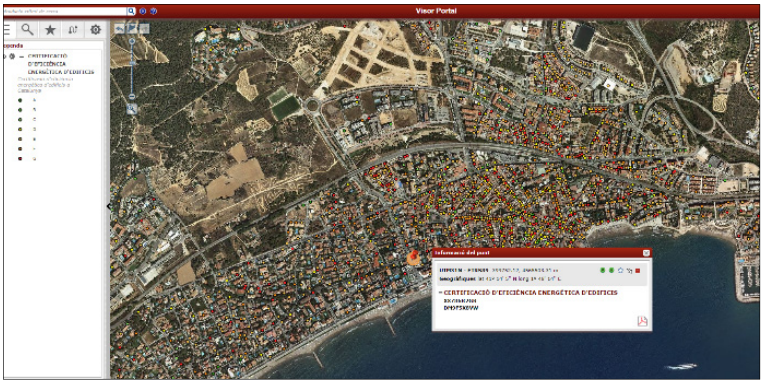


Figura 7. Hipermapa de certificados energéticos de edificios de Cataluña.

Junto con la etiqueta de eficiencia energética, se dispone del informe del gasto energético. Este documento compara gráficamente el consumo del edificio certificado con el conjunto de los edificios del mismo uso y zona climática, y con los edificios con calificación A, mostrando de forma sencilla cuánto podría mejorar el edificio. Además, el documento traduce a euros el consumo energético calculado en la certificación, facilitando la comprensión del usuario.

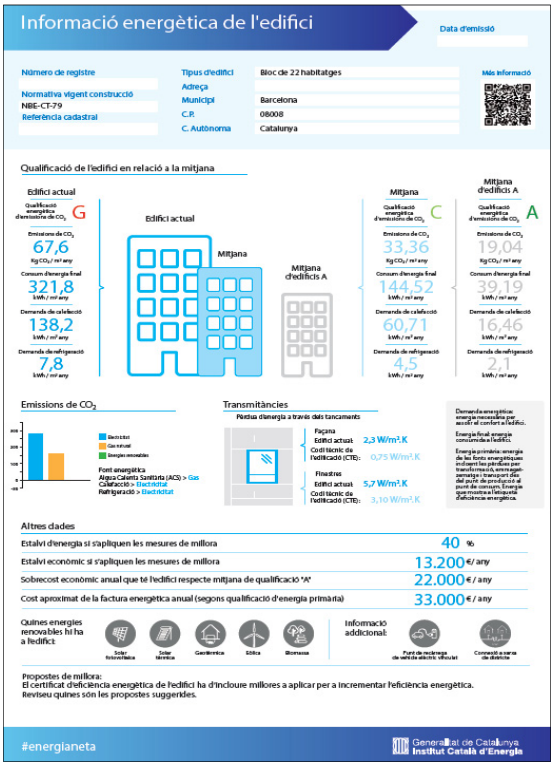


Figura 8. Informe del gasto energético de edificios de Cataluña.

Medidas de rehabilitación energética

Así mismo, se ha elaborado un apartado específico en el portal del ICAEN sobre rehabilitación energética y una colección de infografías, para explicar de forma visual y sencilla los beneficios y los conceptos clave relacionados con este tema.

Estas tareas de difusión y sensibilización se han completado con una campaña informativa y de concienciación específica en redes sociales sobre el gasto energético de tu vivienda, y con la publicación de dos herramientas interactivas para simular el ahorro energético y la inversión de una rehabilitación y de la renovación de las ventanas.

Para facilitar el trabajo de los técnicos involucrados en el proceso constructivo de los edificios, se ha elaborado una guía práctica sobre rehabilitación energética de edificios y otro sobre edificios de consumo de energía casi nulo, ambos de la colección Cuaderno práctico del Instituto Catalán de Energía.

Figura 9. Campaña en las redes sociales.

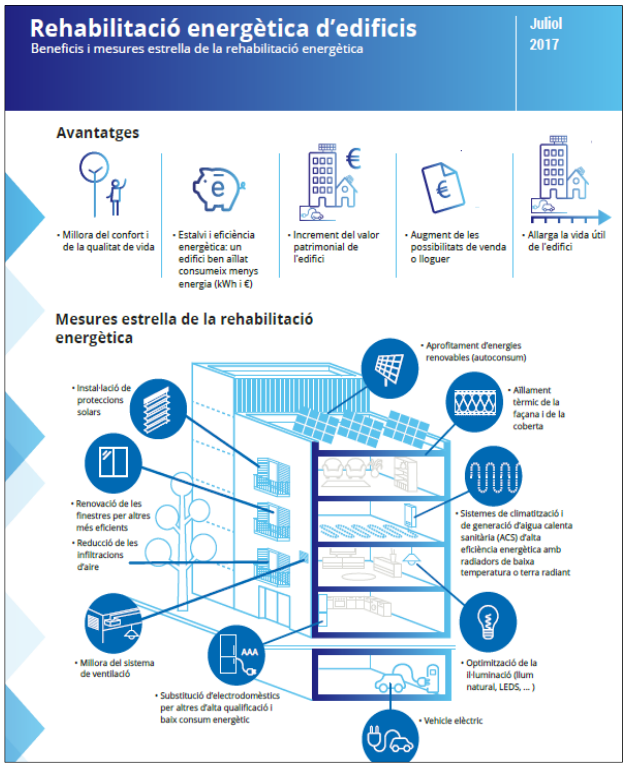


Figura 10. Infografía sobre beneficios y medidas estrella de certificados energéticos de edificios.

Conjuntamente con los centros de investigación CIMNE, EURECAT, IREC i LEITAT, se ha está preparando la cuarta edición de un curso sobre edificios de consumo de energía casi nulo, para difundir los conceptos necesarios para diseñar este tipos de edificios y mostrando ejemplos de edificios rehabilitados que llegan a estos niveles de eficiencia energética. Estos ejemplos, y los descritos en el buscador de proyectos, muestran el camino a seguir por los edificios que se rehabilitan y que llegan a ser edificios de consumo de energía casi nulo.

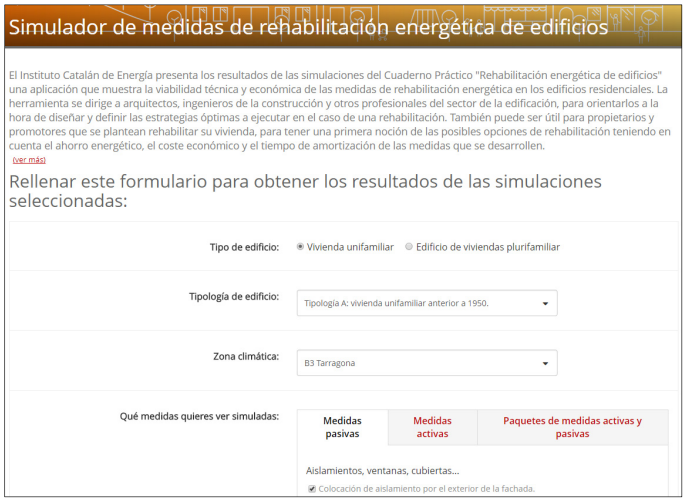


Figura 11. Simulador de medidas de rehabilitación energética de edificios.

Figura 12. Simulador de la renovación de ventanas.

CONCLUSIONES

Aunque se realizan muchos esfuerzos desde las distintas administraciones y desde el sector privado para impulsar la rehabilitación energética, hay necesidad de visualizar los resultados en su conjunto. Por ello es importante que se sumen y coordinen las distintas acciones para conseguir que la rehabilitación energética deje de ser una excepción y sea una intervención extendida y normalizada. Las herramientas mostradas únicamente serán de utilidad si son consultadas por los ciudadanos, provocan una reflexión y ayudan a conocer mejor las posibilidades de mejora de los edificios. Las intervenciones de mantenimiento se tienen que ver como una oportunidad para aumentar la eficiencia energética de los edificios y el confort de sus usuarios. Para que la rehabilitación energética sea una realidad, los usuarios deben verla, no sólo como un gasto del cual se quiera recuperar la inversión, sino como una apuesta por una mejora de su calidad de vida.

0,46 ALTA HERMETICIDAD EN REHABILITACIÓN ENERGÉTICA SOSTENIBLE

Francesco Oliva, Arquitecto, Responsable de Proyectos de edificios EECN, Zeroaplus
Octavio Cabello Villalobos, Arquitecto, Responsable de Proyectos de edificios EECN, Zeroaplus

Resumen: La alta hermeticidad en los edificios es el paso indispensable para conseguir un buen nivel de prestaciones energéticas. En esta comunicación tratamos de una vivienda aislada de los años 70 que se ha rehabilitado bajo los estrictos niveles de prestaciones de un de Edificio de Consumo Casi Nulo y Passivhaus. Parámetros que solo se alcanzan con un estudio de seguimiento continuo y estrategias de diseño a medida. En el caso de este trabajo se trata de una vivienda que pretende ser certificada bajo los criterios de rehabilitación energética de un edificio passivhaus (enerphit valores de hermeticidad limite de 1 renovaciones/h), que ha conseguido, con unos costes sostenibles y con unas estrategias de seguimiento, una hermeticidad de 0,46/h.

Palabras clave: Hermeticidad, Aislamiento, Blower-Door-Test, Passivhaus, Membranas, Cinta Expansiva, Puentes Térmicos, Premarcos, Enfoscado, Air Changes at 50 Pa, n50 [/h]

PROYECTO DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA, BIOCLIMÁTICA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR SEGÚN EL ESTANDAR PASSIVHAUS ENERPHIT - FRESNEDILLAS DE LA OLIVA, MADRID

El proyecto es de una rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar, diseñada con criterios de casa pasiva, de bioclimatismo, con el objetivo y la búsqueda de una vivienda autosuficiente en cuyo diseño se integran, por un lado, los conceptos de eficiencia energética del estándar Passivhaus y la arquitectura bioclimática, que garantizan un edificio de consumo de energía casi nulo, y por otro, los principios de bioconstrucción, que exigen el uso de materiales y sistemas constructivos de bajo impacto ambiental.

El edificio debe alcanzar los parámetros de “edificio pasivo" para uso de vivienda, en el ámbito de la rehabilitación de acuerdo con el protocolo EnerPHit Darmstadt (DE). Los objetivos fijados por el cliente para el edificio en cuestión son los siguientes:

Objetivos energéticos y medioambientales

1. Minimización del consumo de energía para un ahorro energético.
2. Uso de materiales y sistemas constructivos de bajo impacto ambiental.
3. Uso de energías renovables con la meta de reducir las emisiones de CO2.

Salud y confort

1. Buena calidad del aire interior.
2. Diseño de una inst. eléctrica sin campos eléctricos y electromagnéticos.
3. Uso de materiales sin emisiones de sustancias nocivas.

Gestión sostenible de los recursos

1. Recogida y reutilización del agua de lluvia para la reducción de consumos de agua potable.
2. Tratamiento de las aguas residuales mediante depósito de oxidación total.

En este documento se explican los procesos y estrategias de diseño llevada a cabo para conseguir una alta hermeticidad en este tipo de obra.

Figura 1. Foto del estado actual y estado reformado.

En el interior nos encontramos con una distribución sencilla y ordenada compuesta por una primera zona ubicada al sur con un salón comedor punto de paso para acceder a dos dormitorios de pequeño tamaño. Siempre en la misma planta en la zona norte nos encontramos dormitorio grande, un baño y una cocina. La altura libre de esta planta es de 2,65 m.

La planta inferior de uso estrictamente como espacio de almacenamiento, se accede por la zona del porche, nos encontramos una distribución diferente a la planta superior. Un gran espacio de entrada diáfano y continuó con en una esquina sureste un cuarto que en origen de caldera. En la parte izquierda una bodega y otros espacios de almacenamiento. La altura libre de 2,20 m.

La vivienda probablemente construida en fases diferentes tiene unas fachadas de piedra de granito en la planta semisótano y de ladrillo visto en las plantas superiores. La estructura de la vivienda es mixta, con pilares y vigas metálicas y forjados de bovedillas.

Las cubiertas son de diferentes tamaño e inclinación. Las principales que cubren las estancias de la casa es a tres aguas y la del porche a una sola agua. El material utilizado en cubierta es de tejas de cemento.

El estado comprensivo de la vivienda no presenta grandes patologías por infiltración de agua, humedades y lesiones importantes que identifican algún tipo de problema o vicio oculto. Solo en la planta semisótano en las paredes perimetral se detecta algún tipo de infiltración o despegue de pintura por la presencia de humedades puntuales.

Las ventanas, puertas son de madera y se encuentran en mal estado y de baja calidad con cerramientos y vidrios en un estado de deterioro. Tenemos una ventana aproximadamente de 1,50 x1, 20 en salon y cocina y dormitorio grande mientras las otras partes no llega a un 70 cm de ancho.

Las instalaciones de agua y eléctrica y de calefacción anticuadas y de baja calidad.

Se trata de una vivienda construida con técnicas constructivas de bajo recursos y con calidades mínimas para un uso esporádico en época de verano. Es una vivienda con una clara necesidad de una actuación en rehabilitación para mejorar el confort interior para un tipo de usuario que quiera utilizar la vivienda todo el año.

La metodología utilizada para poder llegar a los valores de alta hermeticidad ha sido por medio de una una planificación paso a paso de posibles variables que se pueden condicionar el diseño de la membrana de aire interior y la envolvente exterior. El primer trabajo ha sido sobre el edificio existente determinar la línea de hermetecidad interior y exterior, buscando la máxima continuidad posible sin ningún tipo de interupción posible. Al ser una rehabilitación energética, las dificultades encontradas han sido eliminar todos aquellos elementos posibles que podrían generar puentes térmicos y paso de aire entre el interior y exterior del cerramiento.

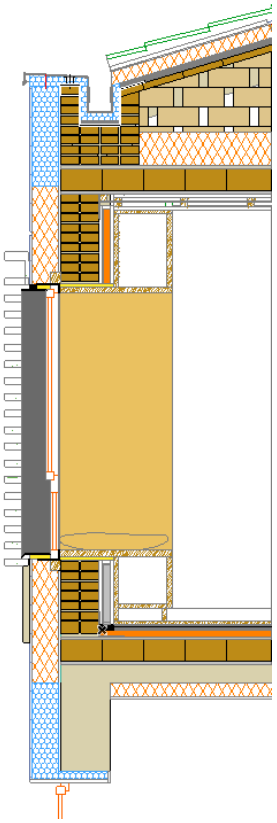


Figura 2. Detalle constructivo.

Solución de hermeticidad aplicada en el interior del edificio

En techo

En origen planteamos un OSB de 15 mm para dar continuidad al mismo. Posteriormete al osb se le aplica una membrana pegada con cinta de doble cara y después unos rastreles de madera con cinta a doble cara pegada y atornillados. Los tornillos se tratan con pintura hermética.

En Paredes

Una membrana pegada con cinta a doble cara a las paredes y se deja una presión con piezas de pladur entre el trasdosado y la membrana para evitar el movimiento de la misma.

En Suelo

El suelo en principio se trató con una capa de compresión de 5 cm de espesor, pero visto que en su superficie se estaban generando pequeñas grietas, se plantea la instalación de un panel certificado superpan de 18mm. Hubiéramos podido poner una membrana también en el suelo para no perder altura, pero definitivamente decidimos poner el panel de 18 mm visto que resultaba más seguro para poder trabajar encima sin tener que perforarlo.

Las cintas entre las uniones

Se aplicaron cinta en cada tipo de unión con huecos de ventana, paso de tubos, y posibles cambios de geometría. Para cada caso se aplicaron unas cintas diferentes.

Figura 3. Vista 3D.

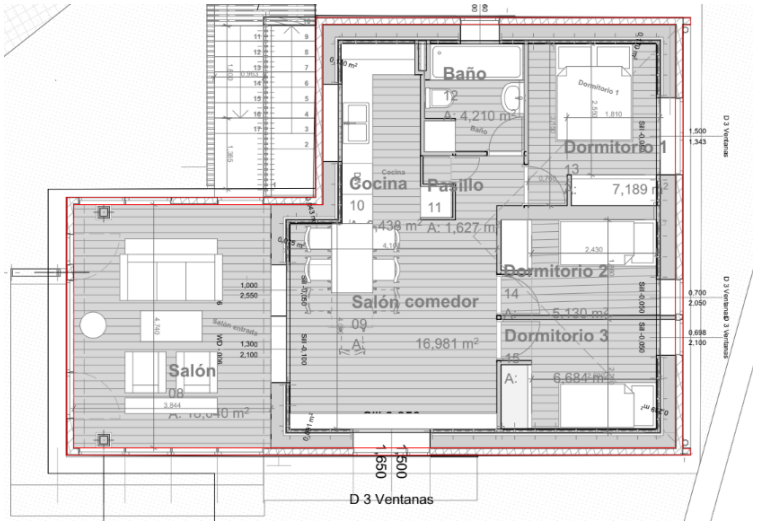


Figura 4. Planta Proyecto con la definición de la envolvente.

RESULTADOS Y DATOS OBTENIDOS

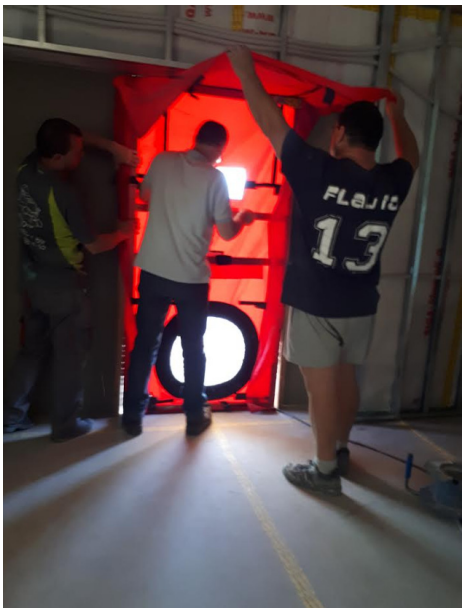


Figura 5. Preparación de la prueba.

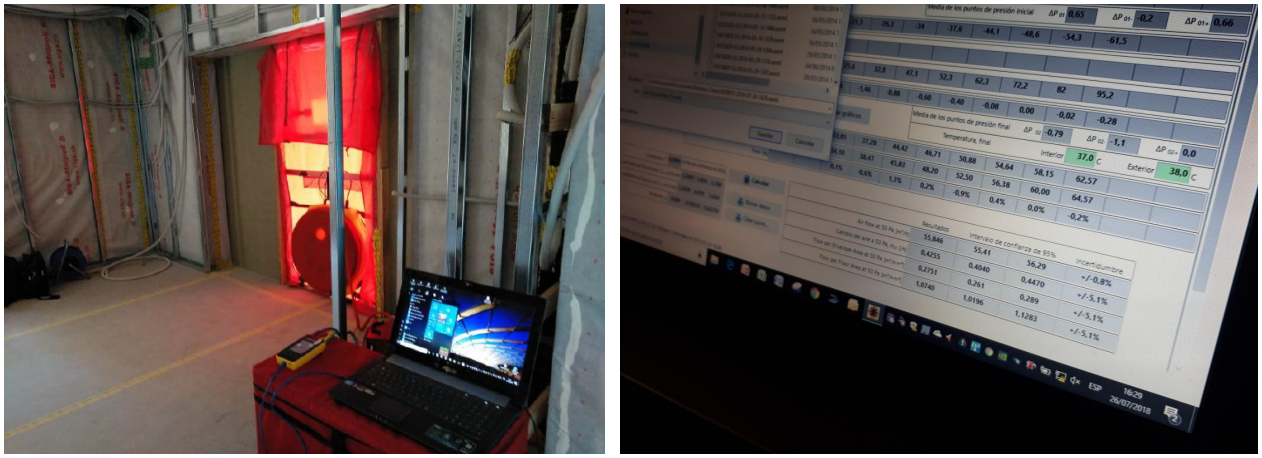


Figura 6. Control preparación de la prueba.

Resultados	
Air flow at 50 Pa, [m³/h]	**55,85**
Air changes at 50 Pa, n_{50} [/h]	**0,43**
Flow per Envelope Area at 50 Pa, [m³/h/m²]	**0,275**
Flow per Floor Area at 50 Pa, [m³/h/m²]	**1,074**
Effective leakage area at 50 Pa, [cm²]	**17,00**
Equivalent leakage area at 50 Pa, [cm²]	**27,91**
Leakage per Envelope Area at 50 Pa, [cm²/m²]:	**0,084**
Leakage per Floor Area at 50 Pa, [cm²/m²]:	**0,327**

Figura 7. Resultados de la prueba.

CONCLUSIONES

Llegamos a la conclusión de nuestro estudio que es posible conseguir un edificio de consumo casi nulo en rehabilitación energética solo si se consigue un alto nivel de hermeticidad. Para hacerlo lo importante es un estricto seguimiento en obra de todos los puntos críticos del edificio.

LOS NUEVOS CENTROS EDUCATIVOS: EDIFICIOS SOSTENIBLES, SANOS Y FLEXIBLES

Albert López Crespo, Arquitecto, SOMFY ESPAÑA

Resumen: La forma de enseñar en los centros educativos está cambiando. Las aulas disponen de pantallas o Smart TV en lugar de pizarras con tiza; el portátil está sustituyendo a los libros; las mesas y las sillas tienen ruedas para cambiar la forma de impartir la clase. Las aulas se deberian poder agrupan o separar según la asignatura impartida. Proyectar las nuevas Escuelas de Energía Casi Nula (EECN) mediante una optimización de las condiciones lumínicas en cada momento de la clase, con una temperatura ideal en las aulas y un ambiente o aire con unas condiciones perfectas para maximizar la atención de los alumnos. Luz Natural + Temperatura óptima + aire limpio con el máximo confort y mínimo consumo energético con la máxima flexibilidad.

Palabras clave: Fachada, Control Solar, Automatismo, Luz Natural, Experiencias y Beneficios para los Usuarios

LOS CENTROS EDUCATIVOS EECN

En las escuelas y centros educativos de bachillerato o primaria se están cambiando la forma de impartir las clases. El proyector o SmartTV está ya sustituyendo a las pizarras tradicionales; los ordenadores portátiles con las licencias digitales también están "colonizando" las aulas de la ESO y bachillerato dejando los libros sólo como herramienta de lectura y no de estudio. Las aulas de primaria aún continúan con el método más tradicional. Los centros educativos también están evolucionando en la forma de impartir las clases, y los pupitres de los años 80-90 se han sustituido por mesas con ruedas, incluso las sillas también tienen ruedas para poder una respuesta más flexible y rápida al contenido y temática de la clase. La configuración de las mesas no es lo mismo para una clase de robótica que para biologóa o inglés. Es el profesor quién puede cambiar las formas de ubicar las mesas incluso en los nuevos colegios las divisiones de las aulas también son móviles para hacer aulas más grandes o más pequeñas en función del numero de alumnos y de la temática,

La enseñanza está cambiando a un método de proyectos, más personalizado y dinámico que cómo técnicos deberíamos dar una respuesta con edificios más sostenibles, flexibles y sanos donde se puedieran realizar todas las nuevas actividades y proyecto educativo con un óptimo confort lumínico y térmico, además de un ahorro energético.

EL MARATÓN DEL AHORRO ENERGÉTICO

En Catalunya, la Dirección Estrategica y Cultura de la Sostenibilidad en colaboración con la Agencia Catalana de la Energía están liderando un proyecto denominado "Maratón del Ahorro Energético". Una nueva cultura energética dentro de los colegios. Es una campaña de sensibilización y buenas practicas en el uso y consumo de la energía además de conseguir una lucha en paralelo contra la pobreza energética. Los argumentos se basan en la importantancia de que todas las personas que trabajan o hacen uso de los edificios y equipamientos municipales sean conscientes de la energía, el agua o la calefacción que consumen. Casi cincuenta edificios y equipamientos municipales de todos los distritos participarán en el Maratón. Esto significa qué las personas que trabajen o hagan uso del equipamiento deberán fijarse muy bien en como consumen energía. El agua y la energía son recursos finitos y el uso abusivo tiene consecuencias para el conjunto del planeta. Reducir el consumo de energía ayuda a combatir los efectos del cambio climático. Los objetivos eran reducir un 10% los consumos de electricidad y gas en los equipamientos participantes y destinar dicho ahorro conseguido contra la pobreza energética.

El proyecto empieza con 47 edificios de los cuales hay 10 escuelas tanto públicas cómo privadas. La **Escola Virolai** es una de las 10 escuelas que están en la maratón del ahorro energético. La sostenibildiad y el ahorro energético ya son parte de la educación de los alumnos. No es un tema que sólo sea responsabilidad del personal de mantenimiento. Todos los alumnos en la escuela estarán concienciados de su responsabilidad social con el planeta y medioambiente mediante su implicación en el ahorro energético. Hay un cambio generacional en la forma de entender, implicación y actitud frente al cambio climático.

Los consejos eran muy sencillos y prácticos. Temperatura máxima en invierno 21ºC y en verano la mínima 26ºC. Máxima luz natural. Apaga las luces y ordenadores antes de salir (figura 1).

Figura 1. Póster para explicar el proyecto "Maratón del ahorro energético".

EL CAMBIO CLIMÁTICO

Los centros educativos tienen un calendario escolar desde 12 de septiembre hasta el 22 de junio. Aunque los colegios realmente sólo cierran el mes de agosto debido a que parcialmente el colegio sigue abierto. Una de las razones es porque durante esos meses que eran los más calurosos los alumnos no hacían clase debido a que la productividad baja muchísimo si la clase está por encima de los 30ºC en verano. Climatizar las aulas tenían era un coste muy alto para un periodo de tiempo muy pequeño. Actualmente los periodos de más calor están aumentando, y pueden estar desde mayo hasta octubre. Por lo que los centros educativos están ya buscando opciones para evitar el sobrecalentamiento de las aulas. Las opciones actuales son bajar las persianas para bloquear la radiación solar, pero esto provoca encender las luces, un ambiente muy cargado incluso mal olor y una sensación extraña de que fuera hace un dia soleado y dentro del aula estamos con las luces encendidas.

Una opción es instalar aire acondicionado para quitar el exceso de calor interior dentro de las aulas, pero dicha solución no evita bajar las persianas por la excesiva luminosidad y deslumbramientos. Otra opción propuesta es un control solar externo con toldo vertical guiado automatizado que permite la visión del exterior con la mejora en los biorritmos de los alumnos y profesores, también el tejido técnico microperforado del toldo evita y bloquea la entrada de la radiación solar en un 97% y además permite graduar y optimizar la intensidad de luz de las aulas.

Consideramos que un tema interesante es la flexibilidad del control solar automático que funciona de forma global en todo el edificio en función del sol, horario y viento. Pero hay una ventaja que cada aula dispone de un mando a distancia personalizado para que pueda optimizar la luz natural y temperatura de la sala para una actividad concreta. Sino se acciona el mando en 30 minutos, el aula vuelve a la función global del edificio.

Un ejemplo es la **Escola Virolai**, adscrita en el programa del "Maratón de ahorro energético" donde ya se ha implementado la eficiencia energética en 29 de las 49 aulas en un edificio construido en el año 1963. Los trabajos de reforma de la fachada consisten en sustituir parte de las carpintería y vidrios de las ventanas actuales, mejorar el aislamiento térmico de la fachada e implementar toldos verticales automáticos en los huecos de ventanas. Dichas reformas, incluyendo control solar automático, se integran en los huecos arquitectónicos para conseguir un valor añadido con la nueva imagen arquitectónica de la Escola Virolai. (Figura 2). Es una reforma integral del edificio Virolai que se está realizando en los periodos vacacionales para no afectar al funcionamiento escolar de las aulas. Es un proyecto para los próximos 3 años para conseguir un Edificio de Energía Casi Nula con un objetivo claro de integrar la sostenibilidad y eficiencia energética en el 2020.

Figura 2. Escola Virolai - Antes y después de la reforma de la fachada integrando en control solar automático.

En la Figura 3 podemos ver en el aula como en la zona de la izquierda el sol incide, pero esta controlado por el toldo vertical guiado. En cambio, en las ventanas de la derecha el toldo esta subido debido a que no incide el sol y no es necesario accionarlo. Con este sencillo sistema de gestión, un profesor puede controlar los 3 ó 4 toldos por aula controlados con un solo mando el profesor puede en función de la asignatura y tecnología utilizada (Proyector, ordenador portátil, SmartTV, pizarra con tiza, etc.) adecuar en cada momento las condiciones de luz y temperatura.

Figura 3. Vista interior del aula - Control de la radiación solar y optimización luz natural.

Como anécdota podemos ver en la parte superior de las ventanas las diferentes opciones (veneciana interior) que se han ido instalando. La Dirección del centro nos ha comentado que cualquier solución por el interior del aula se rompe con la abertura de las ventanas. La solución ha de ser por el exterior de la fachada.

El control solar automático con toldo exterior guiado está colocado bajo el dintel con unas dimensiones de cofre de sólo 13 x 13 cm. Esta dimensión tan reducida del cofre ha permitido poder colocar en el dintel de la actual fachada sin necesidad de obras. La solución externa además permite abrir las ventanas permitiendo una ventilación del aula sin tener que modificar la posición del toldo. Esta sencilla solución del toldo bajado bloqueando la radiación solar, pero permitiendo la entrada el aire está muy bien valorado debido a que no tiene ningún coste energético y evita la acumulación de CO o PPM en las aulas. Comentar que en el nuevo edificio que fue inaugurado en 2015 también se incorporaron las soluciones de control solar automático exterior. Es decir, la solución se puede instalar en un edificio de obra nueva o bien en un edificio a reformar.

En resumen, con una solución de control solar automático exterior podemos optimizar la luz natural y temperatura interior mediante un sistema muy sencillo (sin libro de instrucciones) que a fecha de hoy manejan de forma global el

edificio por el personal de mantenimiento y de forma personalizada por aula el profesorado. La solución de la fachada dinámica es una innovación en la fachada tradicional incorporando un control solar automático que mejora (Figura 4):

- Control Lumínico. Optimizar la luz natural minimizando el uso de luz artificial.
- Control Térmico. Mantener la temperatura de confort entre 21ºC (invierno) y 26ºC (verano)
- Ventilación Natural. Permitir la eliminación de olores molestos.

CONTROL TÉRMICO

- **Incidencia:** A través del vidrio de fachada la radiación solar entra produciendo el efecto invernadero. En el interior del aula o despacho se eleva la temperatura por encima de los 30ºC sin un control solar exterior automático en el vidrio de fachada. Este efecto provoca un consumo alto de climatización (especialmente aire acondicionado o refrigeración) con picos de consumo energéticos durante las 5 o 6 horas del día que la fachada está expuesta a la radiación solar. Los centros educativos deberían mantenerse con una temperatura entre 21ºC en invierno y 26ªC en verano que coincide con el Reglamento de instalaciones Térmicas de los edificios (RITE).
- **Solución**: El control solar automático mediante un toldo vertical enrollable evita la entrada de radiación solar en el interior del centro educativo. El calor queda fuera del edificio evitando el calentamiento interior de las aulas o salas. Un edificio cuesta 3 veces más energéticamente enfriarlo que calentarlo. Además, el sistema es flexible y permite tener un control global (desde la sala de mantenimiento) o también local a través del personal docente que puede decidir puntualmente cuando la protección solar esta bajada y subida por unas condiciones especiales.
-

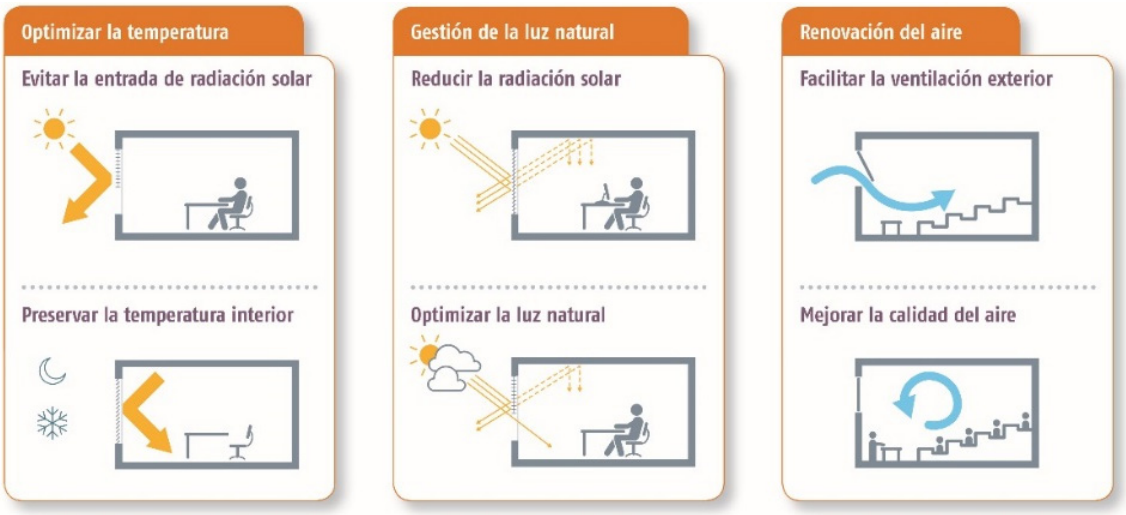


Figura 4. Control Térmico – Lumínico – Ventilación.

CONTROL LUMÍNICO

- **Incidencia:** La fuerte incidencia de radicación solar no permite el trabajo confortable con los ordenadores y equipos, además de ser incómodo para los alumnos por los contrastes, deslumbramientos y reflejos en el interior de las aulas y salas. Es preciso además mantener un equilibrio entre la luminancia del objeto y las diferentes superficies incluidas dentro del campo visual. Debería evitarse por las luminancias demasiadas elevadas producen deslumbramientos y los contrastes de luminancia demasiado altos causarán fatiga debido a la readaptación constante de los ojos.
- **Solución**: Es tan importante tener luz natural como evitar la incidencia de radiación solar si no es necesaria en el interior del centro educativo. Para poder evaluar este factor es importante conocer la regla de distribución confort visual 1-3-10 recogida en la UNE-EN 12462 (figura 5). Es la proporción de luz que hay que tener en las 3 partes fundamentales del interior:
    - Mesa de trabajo Proporción 1 Ejemplo 500 luxes

- Zona de trabajo (Ambiental) Proporción 3 Ejemplo 1.500 luxes
- Plano de Ventana (Fachada) Proporción 10 Ejemplo 5.000 luxes

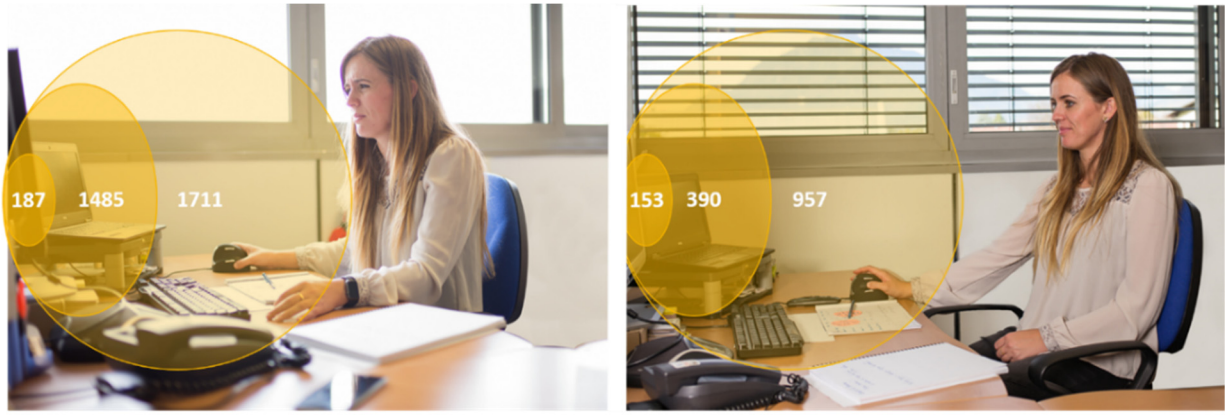


Figura 5. Proporción de iluminación 1:3:10 evita los deslumbramientos y fatiga visual.

VALOR AÑADIDO

La Escola Virolai tiene en su plan estratégico la sostenibilidad y respeto por el medio ambiente como se difunde en este programa emitido en 2016 en la Televisión BETEVE donde la eficiencia energética es un valor añadido como centro docente. Dichos conceptos como el ahorro energético y sosteniblidad forman parte sus comunicaciones tanto internas como externas. En los centros docentes innovadores no hay una separación entre la sostenibilidad y las aulas, sino que la sostenibilidad es una asignatura dentro del centro permite una concienciación tanto de los profesores, alumnos y padres. Escola Virolai es un ejemplo para entender esta nueva forma de enseñar donde el edificio es una parte fundamental de la eficiencia energética.

El lugar de trabajo equilibrado

Equilibrio de Luz también tiene un efecto positivo en cómo las personas se sienten en su edificio debido a la luz natural que es tan importante para la calidad del espacio y la salud. La luz natural ayuda a los ritmos naturales del organismo y aumenta la sensación general de bienestar. Y cuando se sienten mejor, estudian mejor. Maximización de la luz natural, con sus cambiantes patrones sutiles de la luz, mantiene a la gente en sintonía con el mundo fuera de las paredes del centro educativo.

Edificio más verde

La luz natural ayuda a cumplir con los objetivos de la legislación y de sostenibilidad, no sólo en términos de consumo de energía y las emisiones, sino también porque el confort lumínico y térmico es una parte explícita de los programas de certificación como LEED y BREEAM. La fachada dinámica contribuye en 19 de los 80 puntos de la certificación LEED. A fecha de hoy también se puede calcular con el programa oficial Ce3X donde ya se incluye el complemento “somfy” con la mejora en la Calificación energética. El nivel máximo es la letra A. Desde 2014 los edificios terciarios u oficinas ya tienen un mínimo obligatorio de letra B.

Espacios confortables

Conseguir espacios con una temperatura de confort constante e iluminación natural óptima sin contrastes ni deslumbramientos. La creación de espacios sugerentes: Equilibrio de luz natural y artificial también contribuye a mejorar el ambiente del aula o despachos. Escola Virolai ya es uno de los 50 mejores centros educativos a nivel nacional a nivel de docencia y que además quiere mejorar con espacios donde los alumnos y docentes les guste trabajar por la calidad del espacio interior (Figura 6).

Figura 6. Espacios confortables, flexibles y sostenibles.

Reducir la huella de carbono

La reducción de la cantidad de energía que utiliza el edificio tiene también otras ventajas. También puede conseguir que las facturas de energía sean más pequeñas, menores emisiones de CO2 y una huella de carbono más verde. La luz natural hace constribuye reduciendo la iluminación artificial con una energía mucho más eficiente. La fachada dinámica reduce sus emisiones de carbono y respeta el medio ambiente como valor añadido del centro educativo entre alumnos, personal docente y gerencia.

CONCLUSIONES

Las soluciones innovadoras que implantemos en un Centro educativo han de dar respuesta a una serie de necesidades mejorando y otimizando las condiciones de los centros educativos. La fachada es el primer control energético del edificio que mejora el confort lumínico y térmico de los usuarios al incrementar la iluminación natural reduciendo el consumo de luz artificial y climatización. Con el control solar automático reducimos el consumo de energía en el edificio y respeto por el medio ambiente contribuyendo a la reducción de las emisiones de CO2 para conseguir centros educativos de Consumo Casi Nulo. La Unión Europea nos ha marcado como objetivo en 2020 de 50kWh/m2. La solución innovadora como la fachada dinámica aporta un valor añadido a los centros educativos cuando forman parte del día a día en su trabajo, facilitando su labor y mejorando la atención a los alumnos. Es una labor conjunta donde el edificio ha de permitir que la enseñanza, cultura, actividades y trabajos sean posibles, además de servir cómo ejemplo de EDIFICIO DE CONSUMO CASI NULO para las actuales y futuras generaciones que hay una forma diferente y posible de hacer un mundo más habitable respetando el planeta.

REFERENCIAS

- http://beteve.cat/clip/reportatge-leficiencia-energetica-de-lescola-virolai/
- http://energia.barcelona/ca/que-es-la-marato-destalvi-energetic
- https://www.efinovatic.es/complementos/somfy/

SOLUCIONES "HUMAN CENTRIC LIGHTING", COMO COMPONENTE ESENCIAL DEL ECOSISTEMA DE LOS EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA

Julio César Álvarez, Responsable Proyectos y Mercados Verticales, LEDVANCE España

Resumen: La irrupción y adopción de la tecnología LED en el desarrollo de proyectos de iluminación ha sido fundamental para la consecución de ahorros energéticos en entornos donde la iluminación representa un elemento mayoritario del consumo energético "casi nulo". El siguiente paso en su implementación es el de atender las necesidades de los individuos, beneficiando su calidad de vida desde el punto de vista biológico. El ser humano ha desarrollado importantes procesos biológicos basados en un ciclo natural día / noche. Por tanto, necesitamos luz natural o artificial comparable como elemento regulador de nuestro reloj interno. Esta oscilación de las variables biológicas en intervalos regulares se conoce como "Ritmo Circadiano". Las soluciones de iluminación centradas en el ser humano (o "Human Centric Lighting" - HCL) consisten en adaptar la iluminación a las necesidades del cuerpo humano, simulando los cambios de la luz natural durante el día. Adicional a los beneficios propios de la tecnología a nivel social, HCL permite el aumento de la productividad y mejoras en hospitales y residencias de tercera edad. El reto en la implantación de HCL es el de proporcionar los beneficios que ella aporta y al mismo tiempo continuar posibilitando los ahorros energéticos derivados de la tecnología LED.

Palabras clave: Iluminación, Luz Natural, Luz Artificial, Humano, Biológico, Circadiano, LED, Eficiencia, Ahorros

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

En los últimos años, la irrupción y adopción de la tecnología LED en el desarrollo de proyectos de iluminación ha sido fundamental para la consecución de ahorros energéticos en entornos donde la iluminación representa un elemento mayoritario del consumo energético y sobre todo para llegar a un consumo "casi nulo". En consecuencia, el siguiente paso en su implementación en este entorno es el de atender las necesidades particulares de los individuos proporcionando beneficios en su calidad de vida desde el punto de vista biológico.

A lo largo de su evolución, el ser humano ha desarrollado en su organismo importantes procesos biológicos basados en un ciclo natural día / noche. Dichos procesos, incluyendo los que regulan la actividad de todos los ejes hormonales (tensión arterial, frecuencia cardíaca, memoria y estado de ánimo), la regeneración celular y la actividad cerebral, entre otros, consideran la presencia de luz brillante durante el día y de oscuridad en la noche. Entre otros, es conocido el efecto hormonal en la melatonina u "hormona del sueño" o en el cortisol u hormona de la actividad" Por lo tanto, necesitamos luz natural o luz artificial comparable como elemento regulador para nuestro reloj interno, como nuestros antepasados miles de años atrás. Esta oscilación de las variables biológicas en intervalos regulares se conoce en Biología como "Ritmo Circadiano".

A partir de los años 80 y más recientemente con el auge y consolidación de la tecnología de iluminación con base al LED, se han realizado numerosos trabajos de investigación que han arrojado mayor conocimiento sobre los ritmos circadianos y los efectos de iluminación sobre ellos.

Así, los siguientes factores son cruciales para el efecto biológico no visual de la luz sobre las personas:

- Proporción espectral: Se refiere a los componentes del espectro fotoeléctrico y su relación con el comportamiento. Así, la luz similar a la luz natural con elevados componentes azules tiene un efecto de activación más fuerte. Esto estimula particularmente a los receptores en el ojo humano.
- Intensidad de la luz: Los resultados de los diferentes estudios permiten identificar un efecto de activación que comienza en un nivel de iluminancia de 250 luxes directamente en el ojo, si la luz tiene una calidad similar a la luz natural del día.
- Área iluminada: Las grandes superficies luminosas que son visibles en techos o paredes intensifican el efecto de activación. Se dirigen perfectamente a las células ganglionares fotosensibles en la parte inferior de la retina y, gracias a sus grandes áreas de superficie, alcanzan a muchos de estos foto-receptores. Esto significa que las luces de techo grandes o los techos indirectamente iluminados pueden simular el cielo natural.
- Niveles de brillo durante el día y la noche: Una gran diferencia entre el día y la noche respalda nuestro ritmo circadiano y, por lo tanto, incide directamente en la preparación del cuerpo para el descanso nocturno.

Un punto clave respecto a las condiciones de iluminación que con frecuencia prevalecen en el interior de los entornos de trabajo se ha denominado "oscuridad biológica". Esto hace que los individuos puedan sentirse cansados durante el

día, pero aun así no poder dormir adecuadamente por la noche, e incluso poder estar asociado con nuevos síndromes como agotamiento o depresión.

CONCEPTO DE PROYECTO DE HUMAN CENTRIC LIGHTING - PRINCIPIOS BÁSICOS

Cuando se planifica un concepto ideal de HCL dentro de cualquier proyecto de iluminación, se debe tener en cuenta tanto los efectos visuales de la luz (para una mejor visión) como los efectos biológicos no visuales. Por norma general, los siguientes principios básicos serán aplicables:

- Uso de luz natural. En función del tipo de entorno donde se realizará en proyecto, se debe considerar el mayor uso de luz natural posible.
- Soluciones Técnicas de Luminarias y control. Dado el entorno de adaptación a la luz natural a lo largo del día, todas las luminarias o fuentes de luz asociadas al concepto de HCL deben ser capaces de entregar, en un único equipo diferentes tipos de luz, yendo desde los rangos de temperatura de color más cálidos hasta los más fríos y a la vez, deberán poder ser capaces de permitir el aumento o disminución del brillo. De este modo, se trata de luminarias que necesariamente requerirán de un elemento de gestión y control asociado al período del día de forma automática.
- Flexibilidad. El sistema de control también podrá, en caso de que las personas así lo deseen, adaptar el tipo de iluminación a una actividad concreta, de forma puntual. Esto significa en la práctica que, en el caso de que una determinada actividad requiera del aumento de la concentración, por ejemplo, sea de forma fácil e intuitiva para los usuarios de la sala realizar el cambio y, una vez completada la actividad, poder regresar al estado de uso normal en función a los parámetros diarios nuevamente de forma rápida y sencilla. Un ejemplo de este tipo de sistema de control se muestra a continuación:

Figura 1. Sistema de Control Intuitivo.

En el sistema de control mostrado, con iconos de forma intuitiva, el usuario puede, en cualquier momento, realizar el asjuste de la iluminación a la actividada, pasando desde actividades mas “relajadas” hasta aquellas que requieren de máxima atención por parte de las poersonas que usan el entorno controlado.

APLICACIONES Y BENEFICIOS

El ámbito de aplicación de la iluminación centrada en el ser humano está íntimamente ligada a la presencia de individuos donde, precisamente, la influencia de los parámetros biológicos de la iluminación sea especialmente requerida. En las siguientes tres áreas se puede identificar necesidades a ser cubiertas y beneficios tangibles.

Industria y Oficinas

A través de diferentes estudios realizados en entornos de oficina, el uso de tecnologías HCL arroja un potencial de aumento de la productividad de las personas del entorno del 10%. En las oficinas, las áreas de trabajo, típicamente extensas, son adecuadas para el uso de sistemas de gestión de la iluminación para crear un ambiente de luz indirecta y brillante que permita un entorno energizante en función a los horarios y turnos de trabajo.

Como elemento complementario y a fin de proporcionar el necesario equilibrio a las personas una de las soluciones adiciones es la de dotar de control individual en el caso de uso de iluminación directa. De esta forma, el efecto energizante descrito anteriormente se puede mitigar en el horario de tarde o en caso de trabajo nocturno. Así se podrá armonizar la necesaria capacidad de atención y concentración con una mínima desviación del reloj biológico en dichos períodos del día.

Un entorno típico de aplicación de oficinas, sobre todo en aquellos casos donde el aporte de luz natural es reducido o nulo, como podrían ser aquellas ubicadas en plantas subterráneas o con dificultades de remodelación por su diseño, salas de reuniones sin aporte de luz natural u otras de similares características se muestra en la figura a continuación:

Figura 2. Entorno de oficinas.

Respecto a los efectos de este concepto de iluminación centrada en el ser humano para la mejora de la productividad, estos se derivan de una reducción en tasa de errores y disminución de potenciales bajas laborales derivadas de un adecuado entorno de iluminación.

Educación

Las instalaciones educativas imponen estrictas exigencias al concepto de iluminación. El ritmo de sueño-vigilia se altera para muchos adolescentes al ingresar en la pubertad. Los adolescentes tienden a irse a dormir más tarde en la noche y con frecuencia no son del todo receptivos cuando comienza la jornada escolar. Esto deriva en un efecto equivalente al de un ave nocturna ("búho") con la consecuente desventaja en el proceso de aprendizaje al aparecer un grupo numeroso de estudiantes que solo consiguen estar atentos según avanza el día. La luz energizante por la mañana puede compensarlos de alguna manera, especialmente durante la época más oscura del año. Adicionalmente, cada vez más, las necesidades de los centros educativos, sobre todo aquellos dedicados al ciclo superior, les requieren impartir modalidades de sus programas en horarios de tarde o de noche, con lo cual, las aplicaciones de adaptabilidad se hacen necesarias.

Además de los estudiantes, el concepto de iluminación ha de tener en cuenta al profesorado en cuanto a dónde están posicionados durante las clases que imparten y su línea de visión. Por otro lado, es necesario tener en cuenta la necesidad de tener diferentes escenarios de iluminación para facilitar la concentración, permitir una lectura relajada, disfrutar de la música o ver una presentación a través de un proyector o una pizarra. Otro factor crítico: si la iluminación HCL mejora el ritmo circadiano tendrá un efecto positivo en la calidad del sueño durante la noche. Esto a su vez permite que la información adquirida durante el día sea procesada por el cerebro durante la noche de una forma más eficiente.

En un estudio de consultoría reciente, se ha realizado una comparativa económica para el cambio de la iluminación LED considerando una opción de HCL. En el estudio, realizado para una institución educativa de mediano tamaño, los requerimientos de inversión de un proyecto de HCL son superiores. Sin embargo, el rendimiento cognitivo de los estudiantes aumentaría en un 15 por ciento. El estudio indicaba también que la presión psicológica sobre los profesores, como el estrés o el agotamiento, así como los días de baja por enfermedad asociados podrían reducirse, aumentando, por tanto, el tiempo que los docentes podrían permanecer en la profesión. Todos estos beneficios sumarían más de 4 veces la inversión requerida para la modernización a tecnología LED. Además de los beneficios económicos, conviene remarcar la mejora de los resultados de aprendizaje.

Asistencia sanitaria y cuidados a personas mayores

Las personas de edad avanzada, así como aquellas que están enfermas o necesitan atención, no solo requieren de un buen nivel de cuidado sino también y, especialmente, de una iluminación de alta calidad. Por un lado, esto se debe a restricciones físicas, lesiones y enfermedades que deben ser superadas. Por otro lado, las personas mayores sufren

cada vez más por la opacidad de la lente del ojo, al tiempo que sus ojos responden al resplandor con mayor sensibilidad. El concepto "Human Centric Lighting" en el sector sanitario toma también en consideración el estrés físico y psicológico al que están expuestos los miembros del personal: médicos, terapeutas y personal de enfermería.

Un nivel máximo de luz natural y luz artificial optimizada para las variaciones de luz natural es esencial para conseguir un concepto de iluminación biológicamente efectivo, al menos en espacios comunes, pasillos, salas de tratamiento y habitaciones, y conseguir que los efectos lleguen a los pacientes, residentes y personal durante el mayor período de tiempo posible. Durante la noche, sin embargo, será necesaria una menor exposición a la luz. Por ende, la iluminación centrada en el ser humano es para este tipo de facilidades de este segmento especialmente sensible, ya que influye positivamente en las personas para estabilizar su ritmo biológico, ayudar en su estado anímico y prevenir la depresión. Los efectos positivos de HCL han sido también demostrados con los pacientes que sufren de demencia.

En términos económicos, los beneficios de eficiencia que se pueden obtener con HCL al cabo de un año en una instalación hospitalaria de tamaño mediano, a partir de la optimización la ocupación de camas, la agilización de los tiempos de recuperación y la reducción en costes de tratamiento (todo inherente a la iluminación centrada en las personas) , ascienden aproximadamente al doble de la inversión necesaria para dotar de una solución HCL, y siempre complementadas por los ahorros inherentes a la iluminación LED comparada con la iluminación tradicional sustituida.

CONCLUSIÓN

La adopción de soluciones de iluminación centrada en el ser humano o "Human Centric Lighting" constituyen el siguiente paso natural en la consolidación de la tecnología LED, proporcionando el adecuado balance entre los ahorros económicos inherentes a esta tecnología y, al mismo tiempo, satisfaciendo las necesidades inherentes al equilibrio y mantenimiento de los parámetros biológicos ligados al cambio de la luz a lo largo del día. En entornos donde cada vez más es necesario posibilitar tanto la sostenibilidad como la responsabilidad social de cara a las personas, se observa la importancia de la adopción de este tipo de soluciones en ambientes donde transcurre la etapa vital diaria de las personas, incluyendo los de trabajo diario, las aulas y las instalaciones de atención asistencial.

EN MADERA, OTRA FORMA DE VIVIR: ENTREPATIOS LAS CAROLINAS

Gonzalo Anguita Alegret, Director Ejecutivo, FSC España (Forest Stewardship Council)
Ana Etchenique Calvo, Vicepresidenta, CECU (Confederación de Consumidores y Usuarios)
Iñaki Alonso Echeverría, Arquitecto - CEO, sAtt

Resumen: El cambio climático es la mayor preocupación medioambiental de los españoles según se desprende de la última encuesta de Ipsos Global Advisor, con motivo de la celebración del Día Mundial del Medio Ambiente, el pasado 5 de junio. En la UE la construcción representa el 40% de las emisiones de CO2 (1). La incorporación de la normativa de Edificios de Energía Casi Nula es el reto para hacer edificios donde la energía operacional o de uso sea la mínima posible. Además, también es el momento de prestarle atención a la llamada energía gris o energía embebida en el proceso de construcción, es decir la energía que necesitamos para fabricar los materiales y ponerlos en obra. En este aspecto, también fundamental para el cambio climático, la madera representa una diferencia muy grande con respecto a otros materiales para la estructura de los edificios. La madera es el material que tiene menor huella ecológica en su producción, actuando como sumidero de carbono, y siendo renovable, pero sólo si la madera está certificada por el sistema FSC, el sistema mundial de certificación para una gestión forestal sostenible reconocido por sus impactos positivos para el medio ambiente, y para el desarrollo social, en las generaciones presentes y futuras.

Palabras clave: Madera, Renovable, Sumidero, FSC, Carbono, Certificada, Energía Casi Nula, Cambio Climático, Impacto, Eficiencia, ACV, Huella de Carbono, EUTR

ANTECEDENTES

El cambio climático es ya uno de los mayores problemas en el orden mundial y una de las principales amenazas para el futuro de la humanidad. Desde los años 60 la reivindicación de esta problemática ha recaído en el tercer sector, ongs, fundaciones, activistas y demás organizaciones que llevan avisando con bastante énfasis que el camino de nuestra civilización no era el correcto- "Los límites del crecimiento" ya se acotaron en los años 70. Pero han pasado 50 años y poco se ha cambiado. En el año 2015 ocurren tres hechos que mueven a las capas más globales y llevan el discurso hasta lo más alto.

- Acuerdo de París 2015 para establecer una estrategia conjunta entre todos los países del mundo para afrontar la problemática del Cambio Climático. Solo quedaron fuera Nicaragua y Siria que posteriormente han entrado. Ahora EEUU ha solicitado salir.
- "Laudato Si". En 2015 el Papa publica lo que se denomina la encíclica ecológica poniendo en cuestión la relación que está estableciendo la humanidad con lo que denomina "nuestra hermana la Tierra" y haciendo un alegato importante contra el neoliberalismo más depredador
- ODS. La ONU desarrolla "Los Objetivos del Desarrollo Sostenible". 17 objetivos para generar un modelo de desarrollo sostenible.

En el mundo de la construcción es importante tener en cuenta una serie de datos generales para saber el alcance de la construcción de edificios en términos de impactos globales:

- 40% del consumo final de energía
- 35% de las emisiones de gases de efecto invernadero
- 50% de todos los materiales extraídos tienen como destino la construcción.
- 30% del consumo de agua
- 60% de los residuos sólidos totales se producen en la construcción (1,3 Tn persona/año)
- 35% de todos los residuos generados.

Las cifras son demoledoras y la construcción de edificios es una asignatura pendiente para repensar las maneras de hacer. Ya se están tomando medidas para desarrollar una construcción más sostenible, y prueba de ello son las directrices desde el Parlamento Europeo como es la Directiva 2010/31/UE de Edificios de Consumo de Energía Casi Nula. Con estas directivas, con leyes y buenas regulaciones podemos abrir una esperanza para que a partir de ahora sólo se construyan edificios que gasten muy poco. Nuestros edificios del futuro van a ser EECN y muchos irán conectados a comercializadoras solo de 100% Energías Renovables, tendrán certificados medioambientales y si sólo usan energías renovables y son todo eléctrico, podríamos decir que tendremos edificios que no tienen emisiones de CO2 a la atmósfera en su uso. Todo esto es un avance, pero ¿cómo podemos construir edificios que tengan menos energía embebida en el proceso de fabricación y puesta en obra de los materiales?

Y apuntando un poco más concreto el capítulo que más impacto tiene en un edificio es la estructura. El impacto viene derivado por el volumen de materialidad que necesita y por sus necesidades técnicas. La estructura de un edificio tiene un peso ambiental en torno al 40% del total en términos de emisiones de CO2. En este caso el hierro ha sido el material que ha marcado la época de la revolución industrial y el hormigón armado ha sido el material que ha marcado el s XX dentro de un contexto de gran crecimiento. ¿Y en el futuro?, la madera se posiciona como el material que puede marcar la nueva era de la sostenibilidad en las estructuras y mucha parte de acabados debido a su bajo impacto en términos de carbono, sus propiedades de material renovable, a su fácil industrialización, a la posibilidad de prefabricación y a la posibilidad de entrar en el circuito de la economía circular, todos aspectos relevantes para resolver los problemas de los próximos años.

A pesar de ser la madera un material de excelentes propiedades técnicas, belleza inigualable, y mejor huella ecológica en su ciclo de vida comparado con otros materiales, el uso de la madera en los proyectos constructivos en España sigue siendo muy escaso y reducido a usos decorativos, a diferencia del uso que se le da en otros países europeos, de nuestro entorno, donde abunda en estructuras, entramados, y toda clase de elementos constructivos. Si mencionamos las maderas tropicales, un informe reciente (2) estima que solo un 30% de los productos de madera de origen tropical comercializados en la UE, tienen un origen verificado sostenible.

Este contexto desfavorable al uso constructivo de la madera, y a las fuentes sostenibles de la madera cuando se trata de determinadas especies y procedencias, nos obliga a ser corresponsables y avanzar hacia un nuevo modelo constructivo que esté cimentado en el uso de materiales renovables, extraídos de la naturaleza de una manera social y ambientalmente respetuosa, para que nuestro desarrollo humano lo sea con el planeta, sin menoscabar lo que le corresponde a nuestros nietos, compatibilizando la conservación del bosque con un desarrollo económico moderado y beneficioso, también para el medio rural. Y, por supuesto, usar madera es también traer la ecología a casa almacenando CO2, y por tanto ayudándonos a luchar contra el cambio climático (3).

Descripción de la solución

Por un lado, queríamos contribuir con conocimiento científico a transmitir las propiedades técnicas de la madera eliminando prejuicios e ideas erróneas comúnmente asociadas a la madera en su uso constructivo, de una manera directa hacia los profesionales que intervienen en proyectos de edificación. Entre los fantasmas de la madera tratados están la pudrición (su durabilidad y mantenimiento), que arde (su resistencia frente al fuego), su alto precio (comparando modos constructivos iguales con materiales alternativos), su falta de adaptación a proyectos constructivos en altura, el comportamiento sismo resistente de la madera y las ventajas que comporta su utilización en la fase de proyecto y en obra.
Respecto a la sostenibilidad, y la forma de evaluarla en la edificación, se analizó la huella ecológica y el ciclo de vida de la madera, y de forma asociada al sector de la edificación, a las fases de producción de materiales y uso de los edificios, comparando a la madera con otros sistemas constructivos, e incluyendo la valoración de la madera por las principales certificaciones ambientales de la edificación.

Dado que fue un hallazgo significativo en la encuesta realizada entre profesionales, que a menudo se pone en duda la legalidad de la madera en origen y especialmente con ciertas especies y procedencias de la misma, se incluyó un capítulo que pretende eliminar el fantasma de la deforestación. Se analizó el por qué se debe certificar la explotación forestal de forma independiente, cómo es el proceso de certificación, y otros aspectos prácticos vinculados a la certificación, y de qué forma la certificación ayuda en el cumplimiento de la normativa europea en vigor para evitar la tala ilegal (Reglamento EUTR). Finalmente, hemos incorporado un capítulo orientado a las maderas tropicales y el uso de determinadas especies menos conocidas.

Por otro lado, se pensó que las barreras existen en otros eslabones de la cadena de venta de la edificación, y pusimos también el foco en el usuario final, o último comprador de vivienda, representado por una organización de consumidores, como un paradigma de la sociedad de nuestra época.

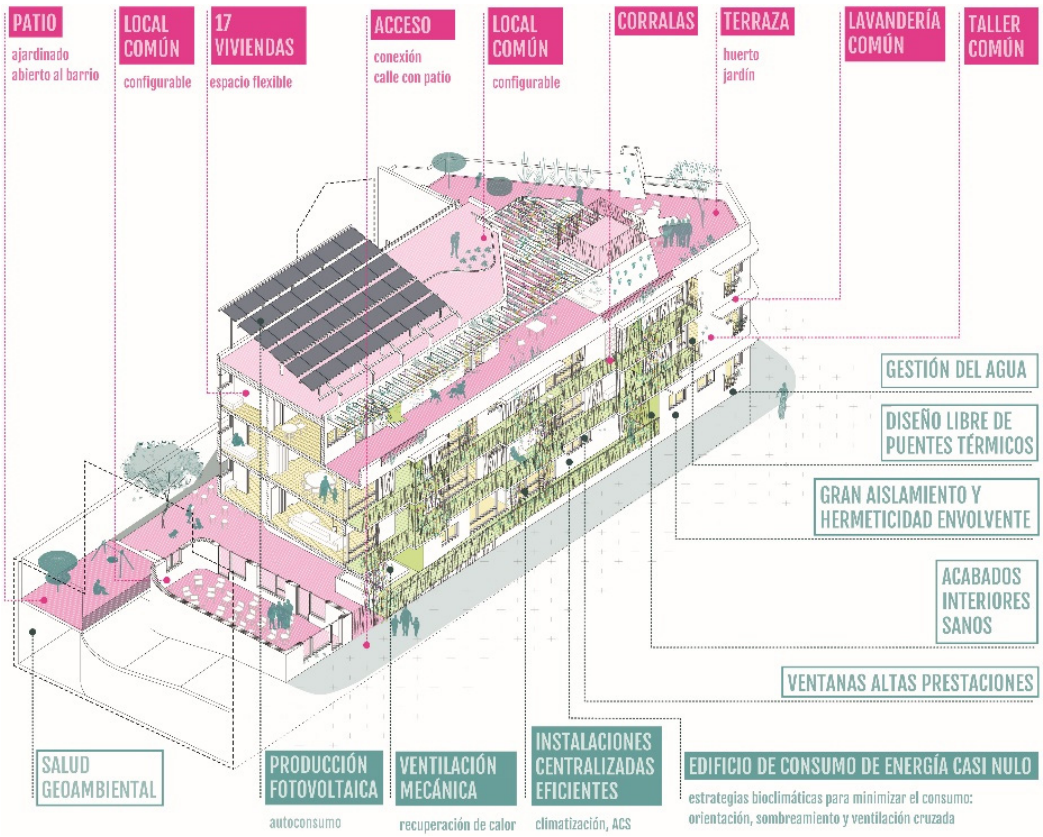


Figura 1. Axonometría. Estrategias medioambientales.

No menos importante, fue planificar acciones de difusión de los resultados a través de eventos dirigidos a arquitectos, lo que ha permitido obtener más frutos, y alargar la vida a las acciones que se proponían para alcanzar los objetivos marcados. Entre estos frutos están la prescripción del uso de la madera a nivel estructural certificada FSC, solución elegida por Iñaki Alonso en su proyecto de Entrepatios-Las Carolinas. Pero lo más relevante no es que se propusiera un material como la madera desde los técnicos, sino que los propios vecinos del futuro edificio estaban pidiendo el uso de los materiales más sostenibles para el desarrollo y la construcción de su futura casa. La conciencia y el conocimiento de este grupo de personas que va a habitar el edificio no llega solo hasta el punto de elegir la madera, sino que se es muy consciente de que la madera puede ser un material muy sostenible pero también muy insostenible si viene de la deforestación. En el proceso de licitación para elegir la empresa que iba a suministrar y montar la madera uno de los aspectos más relevantes junto con el precio, plazos y condiciones de pago fue la certificación de la madera. Al final se decidió por un proveedor, MADERGIA que a pesar de traer la madera de fuera de España y eso repercutir en un coste ambiental en el transporte era el proveedor que ofrecía la certificación FSC a un precio competitivo. Este fue el factor fundamental que hizo tomar la decisión de con quién construir el futuro edificio de Entrepatios- Las Carolinas y con ello se pone en valor todos los impactos sociales y ambientales que hay alrededor de la gestión de un material renovable como puede ser la madera.

Metodología

A finales del mes de febrero de 2017, se inició una encuesta (4) dirigida principalmente a arquitectos (técnicos o superiores). La finalidad de la encuesta era conocer los frenos para el uso de la madera en los proyectos constructivos, incluyendo 37 preguntas (7 preguntas de datos generales) que fueron estructuradas en tres partes, una primera relacionada en general con el uso de la madera en la edificación, una segunda parte específica y relativa a las maderas tropicales, y una tercera y última sobre las fuentes de la madera y la gestión forestal de su lugar de procedencia así como de la cadena de custodia de la madera. La encuesta fue publicada en Survey Monkey, y difundida a través de las

redes sociales de FSC, y de forma directa a algunos contactos proporcionados por miembros de la red. Todos los participantes que voluntariamente proporcionaron sus datos de contacto recibieron el informe de resultados.

Dicha encuesta fue complementada con dos grupos de discusión, uno realizado en el mes de abril de 2017, y formado por arquitectos y otros profesionales del sector de la madera con experiencia en edificación (5), y otro formado por usuarios finales de la vivienda y coordinado por CECU, que se realizó a finales del mes de octubre de 2017 (6). El grupo de discusión de los arquitectos fue grabado en vídeo. Un extracto del mismo puede encontrarse en la sección de uso de la madera de nuestra página web https://es.fsc.org/es-es/sea-parte-de-fsc/uso-de-la-madera-en-la-construccin o bien en el canal de vídeos de FSC España en youtube.

En el grupo de discusión de consumidores y usuarios, quedaba patente el desconocimiento absoluto de la madera como material de construcción. La sesión acabó con un "Rol Play" en que se repartieron roles de un vecindario al que se propone una reforma del edificio utilizando la madera. El resultado fue claramente positivo, los argumentos para convencer a los "vecinos" reticente muy ingeniosos y el resultado final muy gratificante en cuanto a los criterios y puntos de vista de los participantes respecto a "vivir" la madera". En el grupo surgió un mantra; se dice MADERA CERTIFICADA, no solo MADERA. Habían entendido que la madera certificada es el único recurso ecológico que existe y que la madera no certificada puede ser la causa de las peores agresiones ambientales, sociales, laborales, etc. Este trabajo en una encuesta cualitativa, es la mejor forma de conseguir información y argumentos -a veces sorprendentes- del destinatario de nuestros proyectos. Sin contar con ellos, su lenguaje, sus preocupaciones y sus prioridades, va a ser MUY DIFÍCIL encajar la oferta de esta forma saludable de vivir con la demanda de vivir mejor.

En el caso de Entrepatios-Las Carolinas, el uso de la madera (en concreto CLT) para la estructura, se ha fundamentado en el análisis de ciclo de vida del edificio, como método de diseño y comprobación del impacto ambiental de la construcción (recordemos que la estructura de un edificio, en relación al resto de sus componentes, es la partida que mayor masa representa porcentualmente, y ello redunda de forma directa en el impacto en el medioambiente). Para ello se ha utilizado la herramienta ECÓMETRO, basada en las normas UNE-EN 15804 (producto) y UNE-EN 15978 (edificio), que evalúa el impacto en torno a siete categorías: cambio climático, destrucción de la capa de ozono, acidificación del terreno, eutrofización, contaminantes fotoquímicos, agotamiento de recursos abióticos y consumo total de energía; y durante toda la vida del edificio: extracción y fabricación de los materiales, transporte a obra, colocación, mantenimiento y uso (calefacción, refrigeración, iluminación y consumo de los electrodomésticos).

Entrepatios-Las Carolinas es un edificio de cinco plantas: sótano, baja, primera, segunda y ático. En el sótano y hasta el forjado de planta baja se optó por una estructura de hormigón armado. De cota "0" en adelante, el edificio se levanta íntegramente en madera (paneles de CLT para forjados y paredes). Esto supuso una reducción de la masa del edificio respecto de uno convencional (hormigón por ejemplo) muy importante. Y ello, a su vez significó dos grandes ventajas: la primera (y más directa) fue la propia reducción de la masa del edificio antes comentada y, la segunda (derivada de la primera) fue la posibilidad de cimentar con una cimentación superficial (losa de hormigón) frente a los pilotes que el pobre terreno existente habrían demandado para un edificio de mayor peso. Todo ello ha supuesto una reducción del 39% del impacto del edificio sobre el cambio climático. Y, no menos importante, una importante reducción de costes en la partida de cimentación, lo que ha permitido poder levantar un edificio en estructura de CLT a un precio competitivo.

Así mismo, en el ámbito relativo a la fase de uso del edificio de Entrepatios-las Carolinas, es decir, en lo relativo a la eficiencia energética, el edificio se ha diseñado en base a los criterios del riguroso estándar Passivhaus (sello de alta eficiencia energética de origen alemán) como método probado para lograr un EECN. Los principios en los que se basa el Passivhaus son: alto grado de aislamiento, diseño libre de puentes térmicos, carpinterías de altas prestaciones, hermeticidad al paso del aire y ventilación mecánica de doble flujo con recuperación de calor (para nuestro clima).

Para ello se ha utilizado una doble simulación para evaluar el comportamiento energético del edificio (simulación dinámica con el programa Design Builder y, de forma paralela, simulación con PHPP propuesta por Passivhaus), apoyada con la herramienta THERM para el cÁlculo de puentes térmicos. En un edificio con alto grado de aislamiento, la importancia o repercusión de los puentes térmicos crece de forma drástica. Y en este sentido, el uso de un material tan poco conductor térmico como es la madera contralaminada (CLT) en la estructura, ha evitado en la mayoría de los casos la presencia de puentes térmicos en cada uno de los encuentros de diferentes elementos constructivos, ya que facilita de forma notable la continuidad de la capa de aislamiento.

RESULTADOS

Los hallazgos obtenidos en las fases de la encuesta, y grupos de discusión, fueron enviados al Consejo Editorial, que se había constituido entre GBC España, INIA, y FSC para la publicación dirigida a los profesionales (arquitectos) y entre CECU y FSC para públicos no profesionales, con el fin de contribuir a acabar con los prejuicios e ideas erróneas comúnmente asociadas a la madera en su uso constructivo. La primera edición de las mismas se hizo en el mes de diciembre de 2017 y la segunda edición, financiada por el MAPA se ha realizado en el mes de agosto de 2018. Estas ediciones han sido depositadas legalmente, sin que sean objeto de comercialización. La primera edición de las publicaciones, fue presentada en las jornadas que organizó el GBC España en la materioteca del COAM. Materiales naturales. Piedra, cartón o madera (20 de Diciembre 2017), y seguidamente en el MAPA con los participantes de la red a finales del mes de marzo de 2018. La segunda edición de las publicaciones, será presentada por el MAPA y los participantes, en el Green Forum de CONSTRUTEC, en Madrid, el próximo día 13 de noviembre.

Si entramos en el caso del edificio de Entrepatios-Las Carolinas, la utilización de la madera certificada FSC (panel de CLT) para la estructura del edifico ha dado lugar a grandes beneficios.

Desde el punto de vista del impacto en el medioambiente, se ha conseguido la reducción del 39% del impacto ambiental del edificio sobre el cambio climático (comparado con un edificio de referencia con estructura convencional de hormigón armado) por el hecho de hacer un edificio mucho más ligero.

En lo económico, se ha producido un abaratamiento considerable de la partida de cimentación (por ser ésta mucho más ligera que la necesaria para un edificio convencional de mayor peso) y, por lo tanto, se ha conseguido un edificio con estructura de madera a un precio muy competitivo.

En lo relativo a la eficiencia energética y por tanto la consecución de un EECN, diseñar constructivamente con madera supone una mayor facilidad para dar continuidad a la capa del aislamiento de la envolvente térmica y así evitar los temidos puentes térmicos en edificios muy aislados. De esta manera, se ha conseguido reducir la demanda energética del edificio a valores muy bajos para calefacción (11 kWh/m2año) y refrigeración (15 kWh/m2año).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las normativas, las políticas globales, pero también los usuarios y usuarias nos llevas a tomar medidas para buscar edificios con la menor emisión de CO2, una arquitectura para la mitigación del cambio climático, edificios CO2 nulo y certificados FSC para garantizar los aspectos sociales y ambientales relacionados con la construcción del futuro.

Todo lo descrito anteriormente no puede quedar en el ámbito de los “convencidos” o de las personas realmente involucradas en el mundo de la sostenibilidad y del ambientalismo. Tenemos muchos retos para que las generaciones futuras se encuentren con un planeta razonablemente saludable. La **salud: personal** (la Organización Mundial de la Salud define la salud como un estado de completo bienestar físico, mental y social) y **ambiental**. Debe ser el reclamo para hacer llegar nuestra propuesta a un máximo de personas. De hecho, la salud es la principal preocupación de la ciudadanía.

El reto ahora es pensar en cómo “envolver” la propuesta de construcción en madera certificada para hacerla comprensible y asumible en diferentes ámbitos. Sería interesante realizar edificios públicos o remodelaciones de los mismos en madera. Los ciudadanos que se acerquen a ellos comprobarán las ventajas, además se podrían exhibir paneles informativos con toda la información sobre sus características y prestaciones.

También hay que hacer llegar nuestra propuesta y todas las ventajas que conlleva, al terreno de la política. Tenemos que argumentarlo de una forma atractiva (7) para difundir las ventajas de la madera certificada en la construcción. Tenemos que involucrar a los partidos políticos; una vez que haya voluntad política - la verdadera llave para los cambios - se darán los primeros pasos en dirección a un futuro mejor. Será cuando se legisle y se promueva este tipo de edificación. Desde la política se puede apoyar la sostenibilidad con medidas fiscales favorables, los ayuntamientos pueden avalar créditos, el IBI puede rebajarse, etc.

En este caso que nos ocupa, sería interesante la coordinación entre diferentes administraciones apoyándose mutuamente: para evitar la deforestación y la pérdida de biodiversidad, para promover una clara y eficaz regulación que promueva una silvicultura activa (imprescindible para una saludable biodiversidad) y para fomentar y apoyar la gestión sostenible de los recursos forestales. Que el bosque y la vivienda no sean mundos inconexos.

Uno de los retos es desmontar leyendas y mitos (por el desconocimiento o por la experiencia con maderas no apropiadas o con un mal mantenimiento) y demostrar que:

- La temperatura en el interior de la vivienda y sus cambios bruscos en invierno y verano. La madera nos protege del frío y del calor, como excelente aislante térmico y además es mal conductor y evita las pérdidas de calor en invierno o de frío en verano y supone un ahorro en la energía utilizada en calefacción o aire acondicionado.
- En un EECN, el grado de aislamiento es elevado, para un clima como el nuestro. Esto supone que la repercusión de los puentes térmicos en el diseño constructivo es, porcentualmente, nada despreciable. El uso de un material como la madera, facilita enormemente el diseño constructivo de los encuentros entre diferentes elementos, minimizando los puentes térmicos y, por tanto, incidiendo de manera muy favorable en el balance energético del edificio relativo a su fase de uso.
- Uso de la madera en la estructura de un edificio puede reducir considerablemente su impacto medioambiental sobre el cambio climático, es decir, contribuir en la producción de una arquitectura para la mitigación del mismo.
- Los materiales de una casa deben "transpirar", este es un dato importante de la salubridad de una vivienda. Será más saludable una casa de madera que de otro material por su capacidad de regular la humedad relativa.
- Las propiedades mecánicas de la madera son óptimas para construir estructuras estables.
- Los tiempos de ejecución de obra se reducen drásticamente, con la repercusión económica que ello conlleva.
- Otro aspecto fundamental de una vivienda es la accesibilidad; que cualquiera de sus miembros pueda llegar, moverse por ella o salir –aun teniendo problemas de movilidad– con un máximo de facilidad (mayores, personas con diversidad funcional, con muletas/silla de ruedas, niños pequeños, etc.). La madera es el material más sencillo para modificar puertas, crear rampas o facilitar la accesibilidad.

Y como conclusión última: ¿Por qué el uso de la madera certificada en la edificación de viviendas?

- **FUTURO**: garantiza la gestión sostenible de los bosques y que perduren para las generaciones futuras.
- **PRECIO**: es el material más asequible en el medio plazo.
- **SALUD**: es el material más saludable para las personas y el entorno.
- **RIQUEZA**: favorece el mantenimiento de la biodiversidad.
- **PROTECCIÓN**: contribuye a la prevención de incendios.
- **VERSATILIDAD**: existe un tipo de madera certificada para cada necesidad.
- **SEGURIDAD**: es un material resistente y fiable.
- **JUSTICIA**: garantiza los derechos sociales de los trabajadores.
- **EFICIENCIA**: aísla frente al frío y el calor.
- **ECOLOGÍA**: su crecimiento es solar y actúa como sumidero de CO2 a lo largo de todo su ciclo de vida.

REFERENCIAS

- Ihobe, 2009, Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono
- Van Benthem et al, 2018, How sustainable are Europe's tropical timber imports?, IDH.
- Félix Romero, 2018, página 6, En Madera, otra forma de construir. El material constructivo sostenible del siglo XXI, FSC España.
- Gonzalo Anguita, 2017, Informe de Resultados Encuesta Arquitectos, Have a Wood Day, FSC España.
- Gonzalo Anguita, 2017, Informes de resultados del grupo de discusión de arquitectos, FSC España.
- CECU, 2017, Informe de conclusiones del grupo de discusión sobre madera certificada.
- Ana Etchenique y Paz Serra, 2018, En Madera, otra forma de vivir. Una guía para consumidores y usuarios, FSC España.

PROPUESTA DE PARTICIPACIÓN ACTIVA DEL USUARIO A TRAVÉS DE LAS TICS PARA ALCANZAR OBJETIVOS EECN - PROTOTIPO APP MÓVIL EN UN EDIFICIO SINGULAR DE MADRID

Mª Teresa Cuerdo-Vilches, Dra. Arquitecta, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja
M.A. Navas-Martín, Sociólogo, Instituto de Salud Carlos III

Resumen: Las directrices europeas sobre eficiencia energética en edificios existentes fomentan soluciones de alta eficiencia, rentables económicamente, para convertirlos en Edificios de Energía Casi Nula (EECN, en inglés *nZEB*) protegiendo su valor patrimonial, así como adaptándolos a sistemas inteligentes, que permitan obtener información dinámica sobre la gestión energética del edificio. Sin embargo, el usuario del edificio no constituye una parte activa en esta transformación hacia modelos EECN. A través de esta comunicación, se propone una metodología para hacer partícipes a los usuarios, aunando técnicas de las Ciencias Sociales y de la Salud, con teoría motivacional (*Gamificación*), basada en elementos de juego aplicados a entornos no lúdicos, la cual se aplica con éxito en Medicina, Márketing o Educación. El objetivo principal es la gestión colaborativa de la energía del edificio, en la que la participación del usuario sea proactiva, motivada, crítica y formada, durante toda la vida útil del edificio. Se presenta una experiencia en un edificio singular de Madrid, en dos etapas: primero, ciertos usuarios detectan las necesidades de confort, las debaten y proponen mejoras, utilizando imágenes contextualizadas. En la segunda se propone, a través de una App móvil, una acción masiva similar, alternada con actividades relacionadas con la institución y las singularidades del edificio, logrando ante todo la participación activa y voluntaria. Esta interfaz además posibilita el uso de métodos mixtos de registro y análisis de datos si se cuantifican otros parámetros objetivos, mediante monitorización o sistemas inteligentes (IoT, IPS) a través de la nube. Así, la tecnología al servicio del usuario facilita el alcance de objetivos de descarbonización y eficiencia que la Comisión establece para EECNs.

Palabras clave: EECN, NZEB, Edificios Existentes, Gamificación, Photovoice, Gestión Energética Colaborativa, App Móvil, Sostenibilidad Social, Participación del Usuario, Gamification

INTRODUCCIÓN

Actualmente, las políticas públicas en torno al ahorro y eficiencia energéticos en sectores como el de la edificación se han convertido en cuestión prioritaria. Cada vez son más restrictivas las exigencias para corto, medio y largo plazo, estableciendo indicadores cuantitativos y fechas clave para alcanzarlos, entre los que se encuentran los ya conocidos 20-20-20 del marco Horizonte 2020. Una de estas estrategias para alcanzar la denominada "alta eficiencia", ha sido la definición de Edificios de Energía Casi Nula, (EECN, o en inglés *nZEB*). A nivel europeo, la Comisión ha instado en los últimos años a los estados miembros a determinar, según las particulariades de cada uno de ellos, climatología, etc, las características y valores de determinados indicadores, que han de alcanzar para ser catalogados tales edificios como EECN. Aunque con evolución desigual por cada estado miembro, esta definición se ha ido concretando en un gran esfuerzo por encontrar el equilibrio entre las pautas determinadas por la Comisión en la Directiva europea de Eficiencia Energética de edificios, recientemente modificada (UE, 2018), y aquellas singularidades propias de cada lugar. En el caso de España, el Gobierno de España ha lanzado recientemente, a instancias de la Comisión Europea, una *Propuesta de valores de indicadores para el DB HE 2018 (nZEB)* (V.V.A.A., 2018b). Esta, si bien expresa valores cuantitativos para determinar, según uso y estado del edificio (nuevo/existente), establece qué parámetros influyen directamente en tales indicadores. Entre ellos, para uso terciario, son características fundamentales: la zona climática de invierno, la compacidad, superficie, la ventilación de diseño, y el nivel de carga interna.

Atendiendo a la definición establecida en el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación, en su Apéndice A de Terminología, establece la definición de las cargas internas como: "*conjunto de solicitaciones generadas en el interior del edificio, debidas, fundamentalmente, a los aportes de energía de los ocupantes, los equipos eléctricos, y la iluminación. Estas cargas se definirán por su densidad, según las fuentes internas que las generen, en espacios habitables"*. Y la demanda energética del edificio, es aquella *"energía útil necesaria que tendrían que proporcionar los sistemas técnicos para mantener en el interior del edificio unas condiciones definidas reglamentariamente en función del uso del edificio (perfiles de uso) y de la zona climática en la que se ubique (clima de referencia)"* (V.V.A.A., 2018a). Bajo tal definición, los esfuerzos por parte de proyectistas, diseñadores de instalaciones técnicas y arquitectos se han centrado en los últimos años en minimizar los valores de demanda energética mejorando la envolvente para minimizar las cargas a través de la envolvente, y mejorar la eficiencia de los sistemas técnicos (calefacción, refrigeración, ventilación, agua caliente sanitaria, e iluminación). Sin embargo, por múltiples razones, se

ha obviado la parte correspondiente al perfil de uso que tiene que ver directamente con la intervención del usuario u ocupante, que resulta decisivo y que difiere de unos casos a otros.

Los comportamientos y necesidades en la interacción usuario-edificio, la incertidumbre en el caso de proyectos de edificación sobre quién será, o en el caso de los edificios existentes, la imposibilidad de llegar hasta él, o la dificultad para simular su comportamiento real, son algunas de las causas por las que el usuario no se contempla en las técnicas y métodos existentes como un interlocutor activo de sus propias necesidades con respecto al edificio (Cuerdo-Vilches y Navas-Martin, 2015). Más aún, el usuario resulta un elemento en ocasiones incómodo e imprevisible en su interacción con el edificio (Cuerdo-Vilches y Navas-Martin, 2018b).

Tras analizar la escasa o nula incidencia del usuario como elemento activo en los métodos de diseño y mejora de ahorro y eficiencia energética en edificios utilizados hasta el momento, se buscan técnicas y métodos que legitimen al usuario de los edificios existentes, a fin de tener en cuenta sus necesidades reales para alcanzar el confort, conocer sus hábitos, formarlo, e implicarlo de forma activa, motivada, crítica y consciente, en lo que se denominaría una gestión colaborativa del edificio. Por tanto, esta no sólo dependería de los directores y gerentes del centro, ni de todos aquellos responsables de la gestión energética del edificio, sino de cada persona que interactúa con el edificio en un determinado perfil de uso, por tanto, generando unas cargas térmicas que hay que minimizar y gestionar para dar respuesta a cada momento con soluciones de alta eficiencia y rentables económicamente (UE, 2018).

Esta búsqueda ha conllevado un acercamiento multidisciplinar a otras ciencias, como las ciencias sociales y de la salud, y, a través de otras como la Psicología, a técnicas motivacionales como por ejemplo aquellas basadas en elementos de juego aplicados a entornos no lúdicos. El resultado de este análisis de métodos o técnicas que sirvieran tanto para un acercamiento y posterior entendimiento del usuario, como para su formación y la generación de conciencia crítica a través de la motivación personal y la implicación emocional (lo que hoy se ha denominado “empoderamiento”), se ha materializado en una propuesta consistente en dos etapas, que se han aplicado a un edificio singular de Madrid. Este edificio está destinado a administración pública, concretamente al sector de la investigación (por tanto uso terciario), y pertenece al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Se trata del Instituto de ciencias de la construcción Eduardo Torroja (IETcc).

Las dos etapas de este método, aplicable a edificios existentes, se definen a continuación. En primer lugar, se ha utilizado una técnica cualitativa de las ciencias sociales, muy aplicada también en las ciencias de la salud, como es *Photovoice*. En ella, una serie de participantes voluntarios detectan las carencias con respecto a un determinado tema, que expresan gráficamente a través de fotografías, las cuales contextualizan a través de sus propias experiencias. Estas son debatidas en varias sesiones grupales, que van generando una conciencia crítica grupal, enriquecida con los testimonios de cada uno de ellos, buscando una permeabilidad del sentimiento de pertenencia, en el contexto que tienen en común. En este caso, la pertenencia a la misma institución o corporación. Una vez detectadas y debatidas las carencias, se categorizan, y se establecen vías de solución. Estas se comunican a los responsables y decisores capaces de hacer algo al respecto, y finalmente se puede establecer una sesión conjunta, pública si se quiere, donde se exponen todas las cuestiones detectadas y las fotos seleccionadas más significativas (Cuerdo, 2017).

En la segunda etapa, se utiliza la categorización de problemas detectados y la información gráfica para definir una estrategia masiva, esto es, para obtener información y conectar con el usuario a un nivel más cuantificable de la mayoría de usuarios posible del edificio. La razón para utilizar estas técnicas cualitativas en el primer estadio o etapa es para no condicionar *a priori* una evaluación dirigida a todos los usuarios con preguntas y respuestas sesgadas, como puede pasar en una encuesta, por ejemplo. Para ello, se consensuó elaborar una aplicación móvil (App), que cumpliera las funciones determinadas de obtener información masiva del usuario sobre sus necesidades reales de confort, a la vez que contenía elementos formativos, que generasen esa conciencia crítica, y que además resultaran ante todo una intervención voluntaria y estimulante, motivadora, para que la acción fuese masiva, recurrente, y duradera a lo largo del tiempo. Para conseguir todos estos objetivos, se recurre a la técnica de la Gamificación, que basándose en teorías motivacionales y de cambio de hábitos, utiliza como herramientas elementos, dinámicas y componentes de juegos, aplicados en contextos no lúdicos. Estos por ejemplo han logrado casos de éxito en ámbitos como la Medicina, el Marketing o la Educación. Además de fomentar todo lo anterior, para la motivación del usuario en el entorno de trabajo se recurren a elementos de la cultura corporativa, que fomenten la condición de reconocimiento por su implicación, y otras cuestiones relacionadas con la singularidad del edificio, así como aquellos objetivos consensuados con los Decisores, como son los objetivos de gestión eficiente de energía y recursos que persiga la propia institución.

Si bien esta información obtenida del usuario directamente es subjetiva, puede ser de gran interés, ya que pueden evidenciar carencias que de otra forma no serían detectables, y que ante una intervención técnica en un edificio existente, pueden evitar "actuaciones innecesarias", redundando en mayor ajuste presupuestario, de plazos, siendo más eficiente y ajustado el resultado final. Por último, al generar información de un volumen considerable, a través de una plataforma digital, no sólo se puede analizar esta información, sino que además se puede cruzar con otras obtenidas por métodos cuantitativos de medición de parámetros a través de monitorización, por ejemplo, computando los resultados a través de entornos como la nube. La potencialidad de utilizar la tecnología disponible y la computación (*big data)* en los métodos mixtos es casi infinita, permitiendo una agilización, más eficiencia y mayor ajuste en la toma de decisiones institucional sobre gestión energética y de recursos del edificio (Cuerdo, 2017).

Así pues, si los objetivos de gestión eficiente se determinan bajo el paraguas del modelo EECN, este método de acercamiento al usuario del edificio existente resulta pertinente para legitimarlo a través de su experiencia, contribuyendo a una mejor diagnosis del edificio, aportando soluciones, formándolo y haciéndolo modificar sus hábitos por un bien común, durante la vida útil del edificio, con la gestión colaborativa de la actividad del mismo.

OBJETIVOS

El objetivo principal es doble: obtener información relativa a la experiencia usuario-edificio, e implicar al usuario activamente, en este caso en su lugar de trabajo, en términos de confort y la gestión ambiental del mismo.

Además, estos objetivos se complementan, por un lado, teniendo en cuenta que la colaboración del usuario, para ser exitosa, ha de ser una participación proactiva, voluntaria, motivadora y divertida. De ahí el uso de la gamificación, de forma que el usuario se empodera y se compromete como participante activo de la gestión energética y de recursos durante la vida útil del edificio. Por otro lado, los objetivos atienden a las necesidades corporativas, que van a formar parte de las estrategias de gestión colaborativa eficiente de energía y recursos derivados de la actividad del edificio, así como de la toma de decisiones. Estas medidas han de ser efectivas y duraderas en el tiempo, con la participación del usuario.

Figura 1. Diagrama relacional de la Estrategia de Gestión Colaborativa.

MARCO TEÓRICO APLICADO Y RESULTADOS ESPERADOS

En la aplicación metodológica para la comunicación con el usuario, se establecen dos etapas. En primer lugar, se utiliza una técnica cualitativa de investigación social a un pequeño grupo de usuarios voluntarios, cuya ubicación en el edificio es estratégicamente diversa (Cuerdo, 2017). Esta es la técnica denominada *Photovoice*. Con ella, se obtiene de los usuarios información en fotografías y testimonios personales sobre las carencias detectadas, sobre el confort interior en el edificio. Esta información se comparte en sesiones grupales, se debate, se categorizan los problemas, se eligen fotos representativas, y se proponen soluciones a tales carencias.

Una vez se procesa toda esta información proveniente de este grupo de usuarios, esta se analiza, se informa a los gestores y decisores del edificio, y se toman decisiones al respecto, para elaborar la estrategia general. La siguiente fase tomará las conclusiones de la primera como claves para el acercamiento a todos los usuarios del edificio.

En la segunda fase, se busca obtener información en gran cantidad, cuantificable, de mano del usuario, a través de registros, indicadores (KPIs) e imputs, preestablecidos. En este caso se hace a través de una interfaz móvil gamificada (App). Este tipo de interacción es elegida para establecer un formato atractivo al perfil de usuarios, previamente analizado, puesto que todos los usuarios del edificio son usuarios de smartphones, y esta plataforma favorece la interlocución bidireccional usuarios-gestores, y la recurrencia, sin que el usuario, trabajador, se sienta violentado. El cruce de información además fomenta la toma de decisiones y la elaboración de conclusiones y estrategias adecuadas a la realidad del edificio.

A continuación se presenta el esquema de la estrategia establecida para motivar y hacer partícipe al usuario, teniendo en cuenta la teoría motivacional de la Autodeterminación (SDT), con conciencia crítica y responsabilidad, para lograr los resultados y conductas esperadas.

Figura 2. Esquema-Resumen: Marco teórico, resultados y acciones esperados.

EL SISTEMA GAMIFICADO - PROTOTIPO APP MÓVIL

El sistema gamificado utiliza toda la información disponible, sobre cultura corporativa, singularidad del edificio, u otros determinados, para establecer el vínculo emocional y la cohesión del grupo, que afecta directamente a su grado de compromiso (*engagement*). Si el usuario quiere, puede conocer la equivalencia en ahorro energético y económico de conductas que él acometa, y demás incentivos para hacer de su cambio de hábito una realidad, recurrente, a lo largo de la vida útil del edificio.

La interfaz que se presenta es un prototipo de la aplicación móvil gamificada. En ella, el intercambio de información con el usuario es bilateral. Además, se establecen otras interacciones posibles, de manera voluntaria, para fomentar la formación, la interacción con otros usuarios, y la diversión, de forma que la experiencia resulte lo suficientemente atractiva como para que se desee interactuar lo máximo posible. Para ello, se dispone de otros elementos de juego e interacción, como competiciones, retos, foros, o valoraciones de contenido relacionado. Con ello los usuarios adquieren mayores competencias y conocimiento sobre el edificio, su singularidad y su gestión, su propio compromiso con el edificio y la institución. La interacción entre usuarios fomenta el reconocimiento mutuo y la pertenencia, por lo que el compromiso resultante trasciende al interés personal, a favor de un interés común (Cuerdo-Vilches y Navas-Martin, 2018a y 2018b).

Figura 3. Secuencia de pantallas del prototipo app móvil gamificado.

APLICACIÓN EN MÉTODOS MIXTOS PARA EDIFICIOS INTELIGENTES

Esta App móvil gamificada, además de resultar de gran ayuda para la interacción con el usuario y para su empoderamiento, ofrece por otra parte la posibilidad de enriquecer la estrategia de gestión eficiente (colaborativa) si se cruza con otras fuentes de obtención de datos a través de la tecnología disponible hoy día.

Por citar algunos, se pueden obtener datos a través de monitorización, dispositivos inteligentes con el Internet de las Cosas (IoT), o Sistemas de Posicionamiento en Interior (IPS). Estos datos objetivos pueden cruzarse con los subjetivos obtenidos por la App, y coordinados a través de métodos mixtos, ser analizados posteriormente con computación, simplemente con el Smartphone del usuario y su conexión a internet.

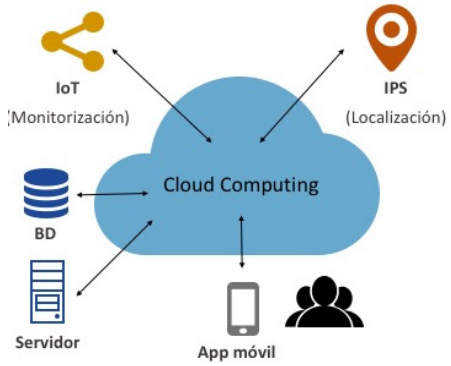


Figura 4. Esquema de obtención de datos para posterior análisis y tratamiento (métodos mixtos).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resulta no sólo necesario sino urgente incidir en la figura relevante del usuario y su interacción con el edificio, para poder lograr de forma efectiva cualquier objetivo que se defina en un plazo razonable de tiempo. En el caso de los EECN, una vez se planteen los criterios de mejora de envolvente y sistemas técnicos, una aplicación como esta puede favorecer la participación del usuario desde los inicios, lo cual lo va a comprometer de un modo más permanente y completo, con el fin perseguido. Se ha demostrado en múltiples ocasiones que estrategias de rehabilitación energética exclusivamente basadas en simulaciones y otros métodos predictivos difieren significativamente de la realidad, a la vez que resultan más lejanas al contacto con el usuario y sus necesidades reales.

Hay que resaltar que estas estrategias están “hechas a medida”, puesto que un edificio existente, y en concreto un edificio terciario, es singular, único, y también lo es su interacción con el usuario. Por esta razón, así como por garantizar la buena relación entre el usuario y los decisores- directores, la actuación debe ser en todo momento respetuosa y voluntaria. Asimismo, para ajustar al máximo la experiencia al perfil real de usuario, es necesario establecer un análisis previo del perfil del mismo, así como elaborar playtests y retroalimentar la actuación según las necesidades y preferencias de los usuarios, y así garantizar el éxito y la consecución de objetivos.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la versatilidad que permiten este tipo de técnicas, en cuanto a la facilidad para obtener información de mano del usuario, parece un entorno adaptable para crear conciencia crítica y cambio de hábito a través de actividades atractivas, formativas, y voluntarias.

No hay que olvidar que el usuario es un excelente “multisensor”, y no focalizarlo como imprevisible e incontrolado. Si además lo pensamos como un elemento estratégico para consecución de objetivos, en este caso los de EECN, es un buen método de trabajo para dirigirlos hacia tal fin. Si se hace de forma lúdica, se conseguirá la participación proactiva y comprometida esperada, favoreciendo la gestión colaborativa y eficiente en el edificio, con estrategias ajustadas e incluso más económicas, de forma concreta y estructurada.

No hay que olvidar que para que funcione la acción gamificada, hay que tener en cuenta la retroalimentación del usuario en todo momento, así como los intereses corporativos y las cuestiones particulares del edificio. Por otra parte,

para tener una visión holística y fomentar la participación y el compromiso del usuario, es fundamental un equipo multidisciplinar, así como compromiso y comunicación entre las partes implicadas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer al IETcc-CSIC, a su Dirección y a los usuarios que participaron en el estudio cualitativo previo, y a todos aquellos cuyas aportaciones han enriquecido este trabajo.

REFERENCIAS

- CUERDO VILCHES, M.T. (2017): “La participación del usuario en la gestión energética de edificios: aplicación del método Photovoice en espacios de trabajo”. (Tesis Doctoral Inédita). Universidad de Sevilla, Sevilla.
- CUERDO-VILCHES, M.T., NAVAS-MARTIN, M.A. (2015): “El empoderamiento del usuario como agente co-gestor ambiental del edificio a través de la gamificación”. In Proceedings of the II International congress on sustainable construction and eco-efficient solutions: Seville 25-27 may 2015 (pp. 663-674).
- CUERDO-VILCHES, M.T., NAVAS-MARTIN, M.A. (2018a): "La participación de usuarios en la gestión energética del espacio de trabajo - Prototipo APP móvil para trabajadores de un edificio singular en Madrid”. En IV Congreso de Edificios Inteligentes: Madrid, 19 junio 2018 (ISBN: 9781981055531, comunicación oral).
- CUERDO-VILCHES, M.T., NAVAS-MARTIN, M.A. (2018b): “Nuevas técnicas para hacer posible (y deseable) la participación del usuario en la gestión energética del edificio”. En VI Congreso de Servicios Energéticos: Valladolid, 2-3 octubre 2018 (pendiente publicación, comunicación oral).
- V.V.A.A. (2018a): “Documento Básico DB HE sobre Ahorro de Energía. Versión de junio 2017 modificada conforme a la Orden FOM/588/2017, del 15 de junio (BOE 23-06-2017), y comentada por el Ministerio de foemnto el 29 de junio de 2018”. Elaborado por la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Ministerio de Fomento. Colabora el IETcc-CSIC.
- UE (2018): “Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relative a la eficiencia energética de los edificiosy la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética”, DOUE, del 19 de junio de 2018.
- V.V.A.A. (2018b): “Propuesta de valores de indicadores para el DB HE 2018 (nZEB)”. Elaborado por la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Ministerio de Fomento. Colabora el IETcc-CSIC.

GESTIÓN ENERGÉTICA EN EECN (EDIFICIOS CON BUENAS CERTIFICACIONES, PERO GESTIONADOS DE MANERA INCORRECTA)

Raúl Cabrero, Ingeniero Energético, GEN Europe
Luis Marqués, Analista Energético, GEN Europe
Andrea López, Especialista en Gestión Energética, GEN Europe
Liam Mc Laughlin, Director Técnico, GEN Europe

Resumen: El panorama actual nos muestra el crecimiento de certificaciones energéticas en edificios (LEED, BREEAM, VERDE, certificado energético, etc.) Sin embargo, la gestión energética de esos edificios no es tan eficiente como la certificación muestra. Se dan con frecuencia situaciones anómalas, como la incorrecta puesta en marcha y operación de los equipos que, de ser solventadas, harían descender drásticamente su consumo energético. Una buena gestión energética con realización de auditorías energética, análisis de consumos incluyendo las variables relevantes que afectan (como el clima o la ocupación) así como la formación, ayudarían a estos edificios a ser 100% eficientes.

Palabras clave: Gestión, Energética, Certificación, EECN, ISO, 50001, Auditoría, Análisis, Monitorización, Formación

INTRODUCCIÓN

La Agencia Internacional de la Energía (*"IEA"*) publicó en 2015 el escenario necesario para limitar el aumento de temperatura mundial en 2ºC. Para ello, hasta el año 2050, las emisiones de CO_2 se deben reducir en más de 40GtCO_2; de las cuales, 15 deberán producirse a través de acciones relacionadas con la eficiencia energética.

En concreto en el sector terciario, las oportunidades de mejora a través de la eficiencia energética son muy notables.

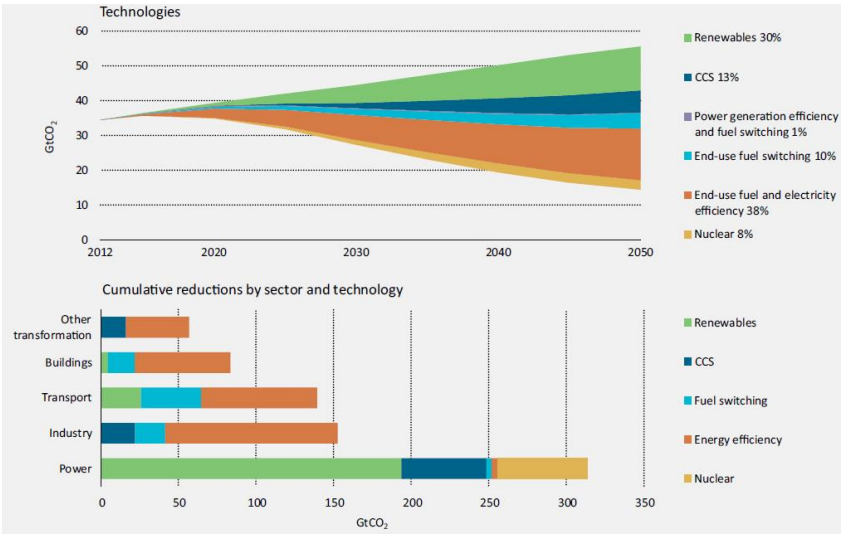


Figura 1. IEA - Energy Technology Perspectives 2015.

Por lo tanto, para conseguir estos objetivos ambiciosos, es imprescindible comenzar a reducir los consumos energéticos de los edificios del sector terciario lo antes posible. Y una buena herramienta para alcanzar estos objetivos son las certificaciones energéticas para catalogar los EECN.

Edificios eficientes… pero ¿bien gestionados?

Cada vez existen más EECN con certificaciones que califican su eficiencia energética durante su diseño y posterior construcción, ¿pero realmente se operan de una manera óptima en su día a día?

Existen muchos edificios diseñados correctamente y con equipos y elementos adecuados para tratar de minimizar sus consumos energéticos, pero estos son operados de una manera incorrecta que hace que sus consumos sean mayores de los esperados.

Figura 2. Certificaciones en EECN.

Durante una de las auditorías energéticas realizadas por GEN Europe a un edificio con certificación "*LEED Planitum*" detectamos algunas oportunidades de ahorro como las siguientes:

- El sistema de cogeneración para la generación de agua fría y caliente se encontraba apagado y siempre generaban el agua de producción mediante bombas de calor. Esto era debido a la falta de conocimiento de este sistema del equipo de mantenimiento
- La generación de agua fría era siempre fija a 5ºC, en lugar de ajustarse automáticamente a la carga del edificio y/o a la temperatura exterior
- Existían grupos de bombeo sin variador de frecuencia y con válvulas de 3 vías en los puntos de consumo, por lo que siempre se recirculaba el 100% del caudal por todo el edificio
- La mayoría de las luminarias contaban con elementos de regulación y detección, pero estaban desconectados o con unos límites de regulación muy amplios que hacían que los niveles de iluminación y las horas de funcionamiento siempre fueran las mismas
- Las cajas de climatización de volumen variable tenían unos puntos de consigna que hacían que siempre se encontraran abiertas al 100% de su caudal máximo permitido, por lo que los ventiladores de las Unidades de Tratamiento de Aire (UTAs) nunca regulaban
- Existían sondas de CO_2 en el retorno de las UTAs, para poder regular el caudal en función de la concentración de ppm en las distintas zonas, pero los sensores estaban descalibrados y marcaban siempre valores irreales

En otro de nuestros trabajos fuimos capaces de optimizar el confort en un edificio bioclimático de ventilación natural ubicado en Dublín (Irlanda), mediante el ajuste de las compuertas de ventilación ubicadas en diferentes partes del edificio. En el edificio contiguo (gemelo al de nuestra actuación), no se conseguían alcanzar las temperaturas de confort deseadas ni unos niveles de concentración de CO_2 aceptables y se realizó un gran proyecto de una fuerte inversión para instalar enfriadoras, calderas y UTAs. De nuevo esto demostró que el edificio estaba bien diseñado, pero que la puesta en marcha no fue la correcta y las compuertas no trabajaban de acuerdo a los parámetros de diseño originales.

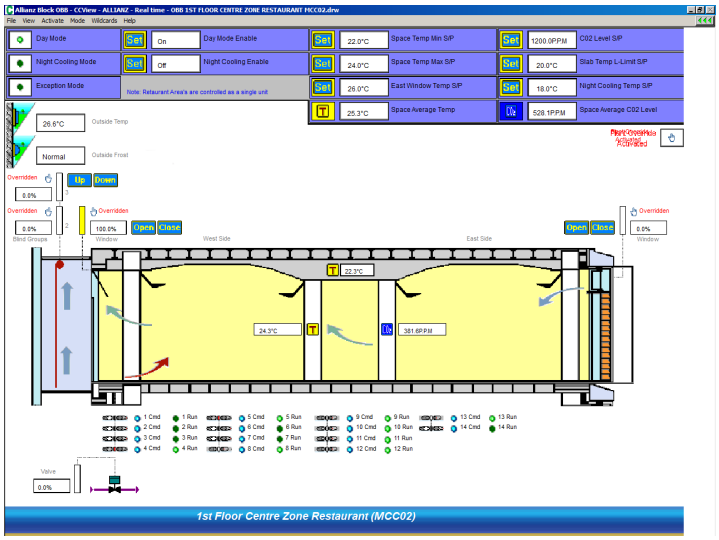


Figura 3. Sistema de control del Edificio Bioclimático de Ventilación Natural.

Una serie de controles óptimos pero que mal gestionados hacen que aumenten los consumos energéticos de los EECN puede darse en:

- Puntos de consigna: si no son los adecuados
- Free-cooling: si se activa cuando no es debido
- Recuperación de calor: si recupera el calor cuando los condicionantes no son los de diseño
- Control HVAC CO_2: si se introduce más aire fresco del necesario
- Curvas de compensación: si los parámetros que se fijan no son los adecuados
- Variadores de frecuencia a 50 Hz: debido al punto de consigna de presión hacen que trabajen siempre al 100%
- Sobredimensionamiento: equipos trabajando en rendimientos muy bajos
- Free-cooling hidráulico: si se produce un mayor consumo en las torres de refrigeración, que ahorro en enfriadoras

BENEFICIOS DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA

Una buena gestión energética en los EECN aportaría infinidad de beneficios para los propietarios y usuarios de los mismos, por ejemplo:

- Ahorro energético
- Reducción del €/m2 de alquiler
- Menor exposición a la subida de precios de energía
- Reducción huella de carbono
- No requiere grandes inversiones. Aplicable a cualquier edificio
- Identificación las principales áreas de consumo (“USEs”)
- Incorporación del diseño eficiente en el futuro
- Reemplazos
- Reformas
- SCADAs
- Beneficios No-Energéticos
- Mejora del confort.
- Disminución del absentismo laboral

Y si además las organizaciones se deciden a dar el salto a la implantación de un **Sistema de Gestión Energética (SGEn) acorde a la ISO 50001**, estos beneficios podrían ser incluso mayores. El SGEn obliga de por sí a tener una mejora continua del desempeño energético de las instalaciones. Esto, además de todos los beneficios anteriormente mencionados, ayuda a mejorar la Responsabilidad Social Corporativa y por lo tanto la marca de cualquier organización.

Mutua Madrileña, que implantó el SGEn con GEN Europe, ha sido galardonado a nivel internacional recientemente con el "*Clean Energy Ministerial*". Con la implantación del SGEn en 2014, ha logrado ahorros que superan los 3 millones de €, consiguiendo la mayoría de estos ahorros mediante oportunidades de bajo o nulo coste de inversión.

Figura 4. Entrega de galardones del "Clean Energy Ministerial" 2017.

Estos beneficios de la Gestión energética se pueden conseguir mediante:

Auditorías energéticas en EECN

Tras la aprobación del RD 56/2016 que obliga a realizar Auditorías energéticas a todas las grandes empresas, hubo organizaciones que las realizaron simplemente como un mero trámite para cumplir con la ley.

Pero ¿y si en lugar de ver estas auditorías como una obligatoriedad, tratamos de sacarles el máximo partido? Estas auditorías nos pueden ayudar a:

- Tener un mejor conocimiento de las instalaciones
- Ajustar los horarios y puntos de consigna de los diferentes sistemas mejorando el control operacional
- Reducir los consumos y la facturación

Además, las auditorías energéticas se pueden realizar conforme a los requisitos de la "revisión energética" de la ISO 50001, y si en el futuro decidiera certificarse en esta norma, la organización tendría implementado gran parte del SGEn.

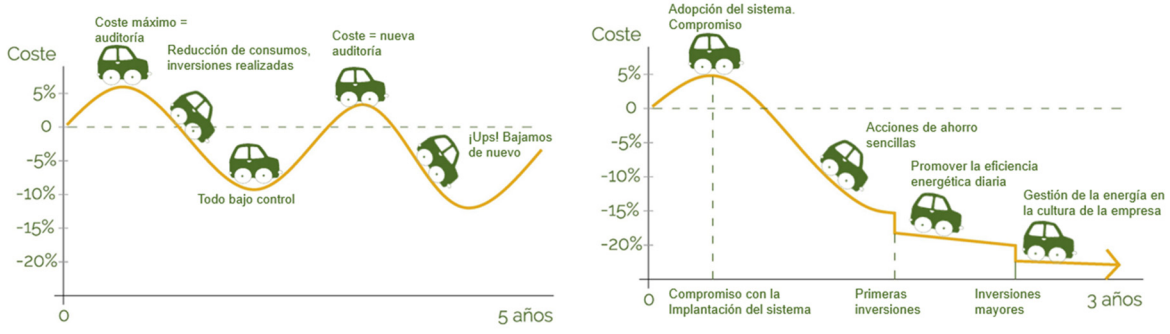


Figura 5. Auditoría Energética vs Sistema de Gestión Energética.

Monitorización y seguimiento de consumos

Para poder medir el desempeño energético en los EECN es imprescindible integrar en el análisis de sus consumos todas las variables que puedan afectar a los mismos. De esta manera se podrá comparar si realmente el edificio está siendo más o menos eficiente, independientemente del comportamiento de estas variables:

- Clima
- Ocupación
- Calendario
- Peticiones de apertura adicionales
- Eventos

La monitorización de consumos energéticos en base a las variables significativas tiene un gran número de ventajas:

- Permite la rápida reacción ante desviaciones de consumo, consiguiendo así importantes ahorros
- Ayuda a detectar los equipos o sistemas que funcionan cuando no existe demanda real o en horarios indeseados (noches, fines de semana, etc.) en zonas en las que no debería haber estos consumos
- Mide el desempeño energético según lo indicado en la norma ISO 50001, lo cual garantiza una total compatibilidad en el caso de que la organización se decidiera a implantarla en el futuro

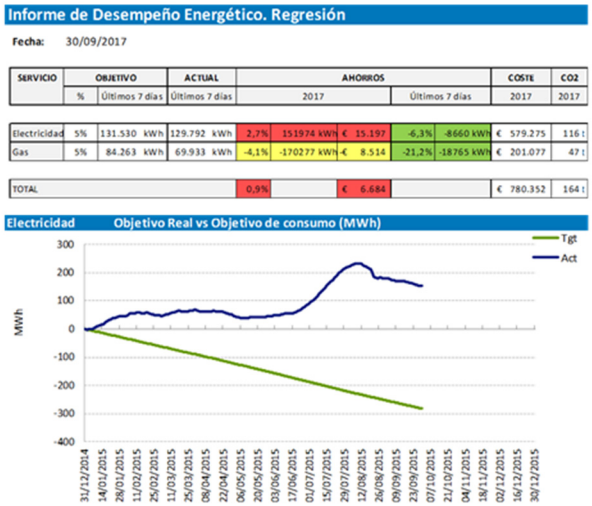


Figura 6. Herramienta de Monitorización de consumos desarrollada por GEN Europe.

Formación

Por último, otra herramienta para maximizar los beneficios de una buena gestión energética sería la formación. Es muy importante que tanto el equipo energético, como los operarios que están día a día manejando los diferentes equipos o sistemas, tengan unos conocimientos mínimos desde el punto de vista de la eficiencia energética. Cada persona que trabaja en una organización puede influir de una manera u otra en los consumos energéticos, incluyendo al personal de seguridad, servicios de limpieza, contratas, etc.

Por ello, deberían impartirse diferentes formaciones en función del rol de cada persona dentro de la organización:

- Formaciones técnicas de los sistemas de HVAC para los operarios de mantenimiento
- Formaciones en el coste del ciclo de vida para el personal de compras
- Formaciones en el análisis de consumos mediante regresiones estadísticas para el personal que realiza el seguimiento de consumos
- Formaciones del SGEn para el equipo energético

EL PAPEL DEL USUARIO EN LOS EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA

Eduardo Martín del Toro, Investigador posdoctoral, Grupo de investigación "Arquitectura y paisaje", ULPGC

Resumen: Si analizamos los Edificios de Energía Casi Nula en relación con la estrategia que emplean de cara a cómo se consigue el confort térmico en su interior, podemos dividirlos en dos grupos: los edificios basados en estrategias pasivas y los edificios activos. Pero si en lugar de fijarnos en el funcionamiento de las edificaciones, lo hacemos en los usuarios de cada una de ellas, las condiciones se invierten y tenemos que, en el caso de los inmuebles con un alto grado de tecnificación, el usuario pasa a un plano más pasivo, mientras que en la arquitectura bioclimática el usuario tiene una función activa, muy importante para el correcto funcionamiento higrotérmico del artefacto arquitectónico. Es decir, un edificio activo precisa de usuarios pasivos y sin embargo un edificio pasivo requiere de usuarios con un talante activo. Por lo tanto, la comprensión del funcionamiento del edificio por parte del usurario es una pieza fundamental dentro de la correcta implantación de los EECN y no está recibiendo la atención adecuada, por lo que puede ser el talón de Aquiles de este nuevo concepto de hacer, pero también, de vivir la arquitectura. Entonces, es necesaria una herramienta o vía de comunicación entre proyectista y usuario que permita al primero hacer llegar al segundo las instrucciones de uso de esa "máquina de habitar" que es un edificio. Si actualmente la trasferencia de comunicación entre proyectista y usuario se produce mediante el Libro del Edificio, parece necesario que con cada parte de éste venga adjunta una separata práctica, pensada exclusivamente para que el usuario final conozca adecuadamente cómo se comporta el edificio y cuál es su papel en el correcto funcionamiento del mismo, de cara a obtener el confort interior.

Palabras clave: Usuario, Bioclimática, Passivhaus, Domótica, Arquitectura Abierta, Arquitectura Cerrada, Confort

INTRODUCCIÓN

Si analizamos los Edificios de Energía Casi Nula (EECN) en relación con las estrategias que emplean de cara a cómo se consigue el confort térmico en su interior, podemos dividirlos en dos grupos (Figura 1): los edificios pasivos o bioclimáticos y los activos o domóticos (Martín del Toro, 2017a).

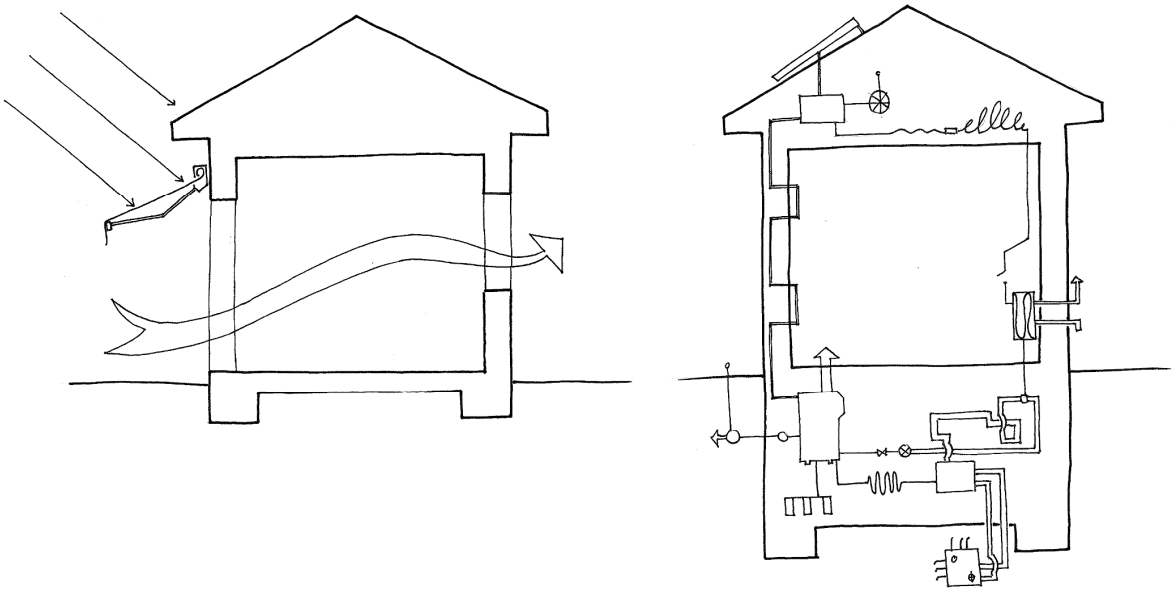


Figura 1. Edificios de Energía Casi Nula: pasivos o bioclimáticos y activos o domóticos.

Los primeros emplean estrategias que optimizan las condiciones climáticas del lugar donde se va a construir (radiación solar, orientación solar, viento, precipitaciones, luminosidad ambiental, etc.), los recursos naturales con los que se cuenta (topografía del terreno, vegetación, etc.) y los condicionantes locales (ubicación, latitud, altura, contaminación, estructura urbana, etc.), transformando los elementos climáticos externos en confort interno, gracias a un diseño inteligente, con soluciones apropiadas y adaptables a las condiciones climáticas del lugar. Para ello, el diseño de un edificio debe hacerse globalmente de modo que sus diferentes elementos compongan un todo armónico, al tiempo

que cada uno de ellos cumpla una función bioclimática y funcional. Este tipo de filosofía se denomina arquitectura del fuera (Santiago Rodríguez, 2012) o arquitectura abierta, ya que pone el esfuerzo en un correcto diseño que aproveche los aportes beneficiosos del entorno al tiempo que se protege de los inadecuados.

Por contra, los segundos se apoyan en los avances tecnológicos para modificar las condiciones interiores por medio de la automatización y el control, que se realiza mediante equipos que disponen de los medios para comunicarse interactivamente entre sí, con la capacidad de seguir las instrucciones de un programa previamente establecido y con la posibilidad de diferentes cambios según se quiera (CASADOMO.com). Esta manera de proyectar suele englobarse dentro de la denominada arquitectura del dentro (Santiago Rodríguez, 2012) o arquitectura cerrada, ya que se basa en crear unas condiciones ideales interiores a partir de un espacio aislado, estanco y cerrado, del cual haya sido excluida la influencia del medio físico externo, generando una envolvente sobre-aislada que independice lo más posible el ambiente interior del exterior. Un ejemplo claro de este tipo de estrategia sería el Passivhaus, basado en tres principios: un gran aislamiento térmico, un riguroso control de infiltraciones y una máxima calidad del aire interior (aire filtrado), por medio de equipos tanto para la ventilación como para la climatización, además de aprovechar la energía del sol para una mejor climatización.

Pero si en lugar de fijarnos en el funcionamiento de las edificaciones, lo hacemos en los usuarios de cada una de ellas, las condiciones se invierten y tenemos que, en el caso de los inmuebles con un alto grado de tecnificación, como son los edificios domóticos o inmóticos, el usuario pasa a un plano más pasivo, reduciéndose la capacidad de éste para intervenir en la gestión de los elementos tecnológicos del mismo, gracias a la incorporación de una serie extensa de mecanismos de gestión, mientras que en la arquitectura bioclimática el usuario tiene una función activa muy importante para el correcto funcionamiento higrotérmico del artefacto arquitectónico.

ANTECEDENTES

Si de cara a la correcta implantación de los EECN es de gran importancia que los técnicos y responsables del proceso edificatorio estén adecuadamente involucrados y preparados, del mismo modo es necesario que los usuarios de dichos espacios arquitectónicos conozcan las características de estos nuevos inmuebles y sus modos de uso. Como cualquier otro aparato complejo, una vivienda o cualquier edificio han de ser usados y mantenidos de forma adecuada, para evitar tanto su deterioro, como condiciones de uso contrarias a lo esperado o, incluso, situaciones de peligro.

Sin embargo, en los últimos años, hay una fuerte corriente en torno a informar y formar a técnicos, instituciones y profesionales del sector de la construcción en la dinámica de los EECN, pero poco o nada parece estar dirigido, o por lo menos estar llegando, a los futuros usuarios de estos edificios como, por ejemplo, se recoge del *Estudio Passivhaus. Estudio del usuario de edificios de consumo casi nulo-pasivos* (AAVV, 2018), documento que resume el informe *Adaptación del usuario a los edificios de consumo casi nulo – Passivhaus (ECCN-PH)* para identificar cuáles son los hábitos de las personas en sus viviendas, y en donde se detecta que: "Desde el sector de la construcción han sido pocas las veces que se ha puesto “el usuario” en el centro ignorando su papel activo en el funcionamiento energético del edificio".

DESCRIPCIÓN

En un edificio bioclimático se suman las estrategias pasivas de diseño con los ajustes realizados en cada momento por el usuario, que terminan de acomodar las condiciones higrotérmicas del edificio con las necesidades puntuales y adaptadas a sus condiciones endógenas (edad, sexo, constitución, vestimenta, actividad, etc.) en cada momento.

Esto implica activamente al usuario en un correcto juego de apertura y cierre de los huecos para la adecuada regulación del paso u obstrucción de los distintos agentes climáticos por medio de elementos como portones, cristales, fraileros, cortinas, etc.

Contrariamente, un edificio domótico se autogestiona automáticamente, reduciéndose la labor del usuario a leves ajustes como la aplicación de distintos perfiles de uso preestablecidos para ciertas situaciones posibles. Por tanto, podemos decir que un edificio activo precisa de usuarios pasivos y sin embargo un edificio pasivo requiere de usuarios con un talante activo, para conseguir, en cada caso, un correcto funcionamiento energético del inmueble.

Un ejemplo de esto podría ser el control de la iluminación y las ganancias solares: mientras que en un edificio bioclimático, el usuario tiene el control de toldos, persianas o contraventanas, tenemos el caso opuesto más claro en el edificio del Instituto del Mundo Árabe de Jean Nouvel que en su fachada sur cada cristal cuadrado tiene una serie

de células fotoeléctricas semejantes al diafragma de una cámara de fotos que se abren cuanto menos luz exterior reciben y viceversa.

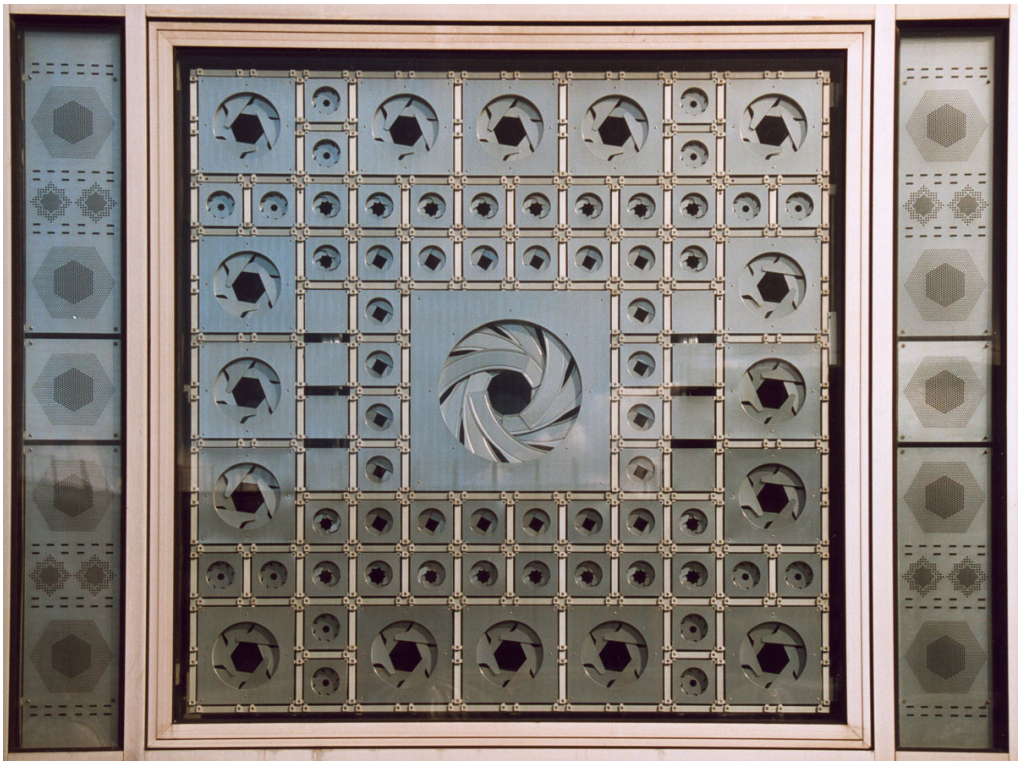


Figura 2. Fragmento de fachada del Instituto del Mundo Árabe, París.

Lo mismo sucede si nos referimos a la ventilación. Mientras que en una vivienda pasiva el usuario puede jugar con la apertura parcial o total de los huecos estratégicamente distribuidos, en un edificio "mecanizado" la ventilación se realiza por medio de bombas de ventilación y mediante conductos, que no sólo regulan el volumen de aire renovado, sino que en la mayoría de los casos lo climatiza e incluso filtra.

En ambos casos, una inadecuada actuación por parte del usuario puede llevar al traste el funcionamiento esperado de diseño y por tanto que en el interior del edificio no se alcancen unas condiciones adecuadas de confort, y lo que es peor, se produzcan unos altos consumos energéticos, en contra de la filosofía de los propios EECN.

Si volvemos a los ejemplos anteriores de control de ganancias solares y ventilación, tenemos que un usuario desconocedor de las estrategias bioclimáticas que se encuentran detrás del diseño de su vivienda podría no extender los toldos en las horas más soleadas del verano, provocando graves sobrecalentamientos o no realizar unas ventilaciones mínimas por medio de la apertura de las ventanas en invierno por miedo a las perdidas térmicas, favoreciendo la generación de condensaciones y sus problemas asociados: mala calidad del aire, presencia de mohos, etc. En el caso opuesto, un usuario de una vivienda proyectada según las estrategias de la "arquitectura cerrada", pero culturalmente acostumbrado a vivir con las ventanas abiertas (Martín del Toro, 2017b) -como sucede en muchos puntos del sur de España- dejará sin efecto los grandes espesores de aislamiento o los equipos de climatización, lo que conlleva al desaprovechamiento de la inversión económica realizada en el sistema constructivo de la envolvente, al tiempo que los equipos de climatización pueden estar funcionando y derrochando energía, sin efecto.

RESULTADOS

Tenemos, por una lado, una arquitectura en la que el usuario es mero espectador y donde la tecnología se encarga de forma silenciosa de buscar las condiciones de confort, a costa de unos consumos energéticos -en algunos casos nada despreciables- y ante la imposibilidad de realizar ciertos ajustes, algo que puede llegar a causar condiciones de

disconfort si, por ejemplo, se dan unas condiciones interiores (de uso, ocupación, redistribución de volúmenes de aire, etc.) no previstas en diseño. Frente a ésta, en la arquitectura bioclimática es necesario devolverle gran parte de la responsabilidad de la gestión del edificio a los usuarios (Figura 3), ya que en ellos el factor humano es la última pieza de ajuste del funcionamiento higrotérmico del inmueble, lo que obliga a que los usuarios conozcan perfectamente cómo trabaja el edificio y cuál es la mejor actuación a realizar en cada momento, a partir de una labor de concienciación y educación de éste.

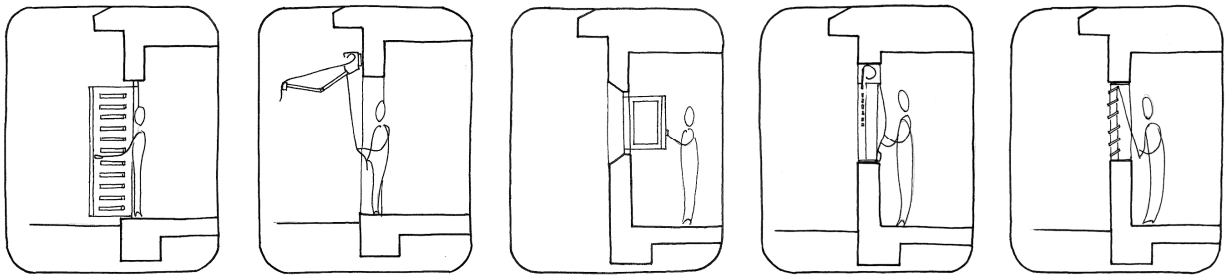


Figura 3. Acciones del usuario sobre los huecos en un edificio bioclimático.

Es importante también, en este último caso -bioclimáticos- que su funcionamiento o estrategias de uso de cara al manejo de los residentes de la edificación, no sea excesivamente complejo o cargado de alternativas, que pueda convertir al edificio en una máquina complicada, del mismo modo que con el paso de los años la necesidad en el conocimiento de mecánica para la conducción de un coche se ha ido reduciendo prácticamente a cero, en contraposición a los primeros vehículos de la historia.

Por lo tanto, la comprensión del funcionamiento del edificio por parte del usurario es una pieza fundamental dentro de la correcta implantación de los EECN y no está recibiendo la atención adecuada, por lo que puede ser el talón de Aquiles de este nuevo concepto de hacer, pero también, de vivir la arquitectura. Conocer el correcto manejo de un edificio bioclimático es imprescindible para su adecuado comportamiento, pero como hemos visto, en el caso de edificios más autónomos, como los domóticos, el usuario también debe conocer una serie de actuaciones básicas que (no) ha de realizar para no dar al traste con las condiciones de uso que se estiman desde el proyecto.

Entonces es necesaria una herramienta o vía de comunicación entre proyectista y usuario que permita al primero hacer llegar al segundo las instrucciones de uso de esa "máquina de habitar" que es un edificio, pero que además se produzca de una manera sencilla y didáctica, adaptada a un lenguaje llano, que cualquier usuario pueda comprender con facilidad, evitando textos enciclopédicos que nadie lee o el empleo de un lenguaje técnico o cargado de cultismos que dificulten su entendimiento a las personas ajenas al campo de la construcción y la climatización.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Actualmente, la trasferencia de comunicación entre proyectista y usuario se produce mediante el Libro del Edificio (LE). Este documento es obligatorio desde mayo de 2000, con la publicación de la Ley de Ordenación de la Edificación, Ley 38/1999 (LOE) y se compone del conjunto de documentación que detalla y describe una obra nueva o edificio recién construido y que es entregado a los compradores para su conocimiento y mantenimiento posterior. Se trata, en cierta medida, de los documentos escritos y gráficos que registran la historia de la edificación del edificio.

El LE funcionaría como manual de conservación del edificio. Su funcionalidad práctica, aparte de recopilar toda la documentación generada durante la obra, es la de un Manual de Conservación de la edificación para sus propietarios que recoge las obligaciones de éstos en materia de conservación del inmueble cuando deciden sumarse a la comunidad de propietarios. Dentro de los varios contenidos (Código Técnico de Edificación. Parte I) del LE existe uno específico de "Instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y de sus instalaciones (incluyendo Plan de mantenimiento)". Las instrucciones de uso son indicaciones donde se establecen una serie de consejos e instrucciones para el correcto uso de cada espacio, ya sean privativos o comunes. Asimismo, se establecen una serie de limitaciones de uso y prohibiciones. También se incluyen en este epígrafe precauciones, recomendaciones y previsiones a tener en cuenta. Están encaminadas a conseguir, entre otros, los siguientes objetivos (Manual de uso y mantenimiento del edificio del COA Tenerife): Evitar la aparición de síntomas patológicos derivados de un inadecuado uso, mejorar el confort, la salubridad y la seguridad y promover el ahorro de agua y energía, y no contaminar.

Sin embargo, y por desgracia, en general este documento es un gran desconocido. Las principales razones de esto es que precisamente no cumple nada de lo indicado anteriormente, es decir, es un documento de gran extensión, cargado de aspectos técnicos, muy difícil de acometer, no sólo para los usuarios sino que, incluso en algunos casos, hasta para los propios expertos en la materia. Además, el apartado referente a las instrucciones de uso está más encaminado a conocer el correcto empleo de cada uno de los elementos del edificio, como las ventanas, la cubierta o las barandillas que al empleo del edificio como elemento de conjunto y su funcionamiento higrotérmico. Por tanto, parece necesario que con cada parte del edificio (vivienda, oficina, local comercial, etc.) venga adjunta una separata práctica del LE pensada exclusivamente para que el usuario final conozca adecuadamente cómo se comporta el edificio y cuál es su papel en el correcto funcionamiento del mismo, de cara a obtener el confort interior, redactado en un lenguaje sencillo -primando la expresión gráfica-, buscando una fácil y rápida comprensión.

REFERENCIAS

- AAVV, 2018, Estudio Passivhaus. Estudio del usuario de edificios de consumo casi nulo-pasivos.
- Código Técnico de Edificación. Parte I: Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, publicado en: BOE nº 74, de 28 de marzo de 2006, páginas 11816 a 11831.
- Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, publicado en el BOE nº 266, de 06/11/1999.
- Martín del Toro, E., 2017a, "Diseño de EECN para las condiciones particulares de Canarias" en Libro de comunicaciones: IV Congreso de Edificios de Energía Casi Nula (EECN), Grupo Tecma Red S.L. Madrid.
- Santiago Rodríguez, E., 2012, "Casa en Lagartera: Toledo", en Luxán García De Diego, M., Habitar Sostenible. Integración medioambiental en 15 casas de arquitectura popular española, Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Fomento. Madrid.
- CASADOMO.com, https://www.casadomo.com (15 mayo 2012).
- COAC Demarcación de Tenerife, La Gomera y El Hierro, Manual de uso y mantenimiento del edificio, http://www.coacyle.com/descargas/cat_coacyle_1218537402.pdf (13 marzo 2017)
- Martín del Toro, E., 2017b, Vivir con las ventanas abiertas, Sustentable & Sostenible, https://blog.deltoroantunez.com/2017/10/vivir-con-las-ventanas-abiertas.html (9 octubre 2017).

REHABILITACIONES Y DEMOLICIONES MÁS SOSTENIBLES DE LA MANO DE AMBIAFME

Jordi Prats, Responsable de Medioambiente, AFME
Lucas González, Responsable proyecto AMBIAFME, AMBIAFME

Resumen: El 15 de agosto de 2018 entró en vigor el ámbito abierto de la Directiva 2012/19/UE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (Directiva RAEE II), que implica que la práctica totalidad de los aparatos eléctricos y electrónicos que se comercializan en la UE, pasarán a estar sujetos a las obligaciones establecidas en dicha Directiva. Uno de los sectores que está mayormente afectado por esta modificación normativa es el sector de material eléctrico, entre el que encontramos: aparellaje industrial, domótica, material de instalación (canalizaciones eléctricas, estaciones de recarga de vehículo eléctrico, componentes para instalaciones de energía renovables, etc.), pequeño material eléctrico (interruptores, detectores, etc.) y Smart grids. Uno de los principales generadores de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos son las demoliciones de edificios, así como las rehabilitaciones para crear construcciones cada vez más sostenibles que se basan precisamente en dispositivos inteligentes que se ven afectados por la Directiva RAEE II. Para completar una visión global en el ciclo de vida de un edificio es imprescindible contemplar igualmente su fase de demolición o rehabilitación y es en este punto donde AMBIAFME, como organización especializada en el reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos profesionales, actúa, cerrando el ciclo de sostenibilidad de la edificación.

Palabras clave: Directiva RAEE II, Material Eléctrico, AMBIAFME, Aparatos Eléctricos y Electrónicos, Residuos, Reciclaje

ANTECEDENTES: UN NUEVO MARCO LEGISLATIVO

El Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (en lo sucesivo, "Real Decreto RAEE") adapta la regulación en materia de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos al nuevo marco normativo, la Directiva 2012/19/UE, de 4 de julio de 2012, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de Residuos y Suelos Contaminados (en adelante, "Ley 22/2011" o "Ley de Residuos"), y permite el cumplimiento de las obligaciones de la responsabilidad ampliada de los productores de aparatos eléctricos y electrónicos (en lo sucesivo, "AEE") que pongan en el mercado, a través de uno o varios Sistemas Colectivos de Responsabilidad Ampliada del Productor, en los términos previstos en el citado Real Decreto

El Real Decreto RAEE mantiene transitoriamente el mismo ámbito objetivo de aplicación, sujetando a sus previsiones a los mismos residuos de aparatos a los que resultaba de aplicación la anterior regulación (el Real Decreto 208/2005). A partir del 15 de agosto de 2018, entra en vigor su ámbito abierto, quedando sujetos a esta regulación todos los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos ("RAEE"), salvo las tasadas exclusiones previstas en la normativa.

Los RAEE constituyen un flujo específico de residuos, cuya normativa impone, como aspectos más destacados:

- Una recogida selectiva de los RAEE como flujo diferenciado.
- Un tratamiento específico que en muchos casos responde a su peligrosidad.
- Unos objetivos muy exigentes que el Estado debe cumplir a nivel europeo y que los productores y SCRAP deben alcanzar anualmente en base a las concretas cuotas de recogida y gestión selectiva que publica este Ministerio.
- Un sistema de trazabilidad muy garantista y completo, en el que tanto los obligados como las Administraciones implicadas están volcando importantes esfuerzos.
- Un régimen de control y sanción muy exigente

Para que los productores de material eléctrico puedan cumplir con sus obligaciones legales, la nueva normativa legisla para:

- Diseñar los aparatos eléctricos y electrónicos de manera que se prolongue su vida útil, para facilitar así su reciclaje y utilización.
- Crear una infraestructura en España de recogida de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y tratarlos medioambientalmente.
- Financiar esa recogida y tratamiento.
- Hacer cumplir a los productores los objetivos anuales que establece el ministerio en materia de recogida.

En España, antes del Real Decreto 110/2015, ya existía una normativa referente a los residuos de Construcción y Demolición (Real Decreto 105/2008) en la que se establecían unas responsabilidades mínimas de todos los agentes

involucrados. Es decir, ya se debía de hacer una separación de los residuos de demolición y un un adecuado en la medida de lo posible. Con la entrada en vigor del Real Decreto 110/2015 de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) se indica que a partir del 15 de agosto de 2018 todos los equipos que generen, transmitan y midan corriente eléctrica pasarán a estar afectados por esta normativa, sin apenas excepciones. Así, los fabricantes tendrán la obligación de asumir la financiación de la gestión de los residuos que proceden de sus aparatos.

EL RECICLAJE DE MATERIAL ELÉCTRICO EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

El sector de la construcción es un gran consumidor de materias primas, aparatos electrónicos y productos químicos. Según datos de la Unión Europea, los residuos de construcción y demolición representan un tercio de la generación de residuos en Europa. Hasta el momento, y en base a la anterior legislación, el reciclado de este tipo de residuos ya había dado pruebas certeras de su éxito. En el caso del acero, por ejemplo, el 90 % de sus materias primas ya provienen del reciclaje.

Según datos del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), los residuos peligrosos destinados a vertido/depósito representan prácticamente el 90%. En cambio, en el caso del residuo no peligroso se ha visto una evolución y en España se podría llegar a los porcentajes que la Unión Europea está proponiendo para la economía circular.

Una importante fuente de generación de RAEE son las obras de construcción y demolición, lo que se incrementará exponencialmente cuando, a partir de agosto de 2018, entre en vigor el ámbito abierto de la normativa RAEE. Este canal/origen de RAEE no puede quedar al margen de su normativa específica, poniendo en peligro el cumplimiento de los objetivos medioambientales marcados desde la UE. De ahí la relevancia de coordinar la normativa RAEE y la de residuos de construcción y demolición (“RCD”).

El nuevo marco de la economía circular no puede obviar la necesidad de tratar adecuadamente los RAEE resultante de las obras, especialmente en un país como España. Más concretamente, entendemos que un primer y principal objetivo a lograr es la separación (preferentemente en origen) de los RAEE, como paso previo y necesario para someterlos a su tratamiento específico, con la adecuada trazabilidad que justifique el cumplimiento de objetivos en la materia.

En concreto, para que la separación inicial de los RAEE dentro de los RCD sea efectiva se requerirá, al menos, las siguientes medidas:

- Auditorías previas: Se debe contemplar la realización de auditorías previas a la demolición (o una auditoría de gestión de residuos) antes de cualquier proyecto de reforma o demolición y para cualquier material a reutilizar o reciclar, así como para los residuos peligrosos y específicamente para RAEE (o indicándose umbrales para ser exigibles). Esta medida contribuirá a identificar los residuos de construcción y demolición generados y, dentro de ellos, los RAEE, y a llevar a cabo una desconstrucción adecuada y a especificar las prácticas de desmantelamiento y demolición, que permitan aplicar las previsiones del Real Decreto RAEE.
- Plan de gestión: Planes que contemplen cómo hacer esa separación inicial, identificar los RAEE y entregarlos a un SCRAP o gestor autorizado para su correcto tratamiento específico. Todo ello con la trazabilidad que exige el Real Decreto RAEE.

La adecuada gestión de estos RAEE, que se generan en gran medida en las obras, no solo permitirá alcanzar mejor los objetivos en la materia, sino asegurar ventajas medioambientales, económicas y sociales con la recuperación de materiales, la correcta descontaminación de residuos peligrosos y una eficiente trazabilidad de su gestión, entre otras.

Todo ello contando con una adecuada financiación y con la colaboración, experiencia y trayectoria de operadores que, como AMBIAFME, han mejorado en pocos años significativamente los ratios de gestión especializada y eficiente de estos residuos.

AMBIAFME: LA SOLUCIÓN PARA EL RECICLAJE DE MATERIAL ELÉCTRICO

AMBIAFME es la solución que ofrece AMBILAMP en su unión con AFME, Asociación de Fabricantes de Material Eléctrico, a los productores de material eléctrico para que puedan cumplir con sus nuevas obligaciones marcadas en la nueva legislación RD110/2015 de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE II). De esta manera, AMBIAFME se convierte para estos productores de material eléctrico en el vehículo a través del cual podrán cumplir los objetivos de recogida y reciclado de los residuos de sus productos, alcanzar los objetivos legales de valorización, darse de alta en el

Registro Integrado Industrial del Ministerio de Industria o informar a la Administración del volumen de aparatos electrónicos y eléctricos puestos en el mercado.

Los nuevos productos de material eléctrico afectados por la RAEE II, a partir de agosto de 2018, se pueden agrupar en la siguiente clasificación de familias:

- Aparamenta y equipos para uso industrial y análogos
- Máquinas eléctricas y similares
- Dispositivos de protección para uso doméstico y análogos
- Pequeño material eléctrico
- Automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios

AMBIAFME, creado a partir de AMBILAMP y AFME, se beneficia de las sinergias de estas dos organizaciones para prestar un mejor servicio a sus adheridos:

- Conocimiento técnico y del sector: AMBILAMP cuenta con más de 10 años de experiencia y servicio trabajando estrechamente con la distribución y con los instaladores de material eléctrico. Desde la primera trasposición de la Directiva RAEE en 2005, AFME, Asociación de Fabricantes de Material Eléctrico, ha asesorado a sus empresas sobre reciclado. Además, AFME está presente en foros, tanto internacionales como nacionales, en los que se debate la legislación y directivas relacionadas con temas medioambientales.
- Amplia red de recogida nacional y especialización: AMBILAMP cuenta con una red de recogida de más de 35.000 puntos en España, de los cuales, más de 13.000 son de carácter profesional, así como, con convenios de colaboración para la recogida de residuos firmados con la práctica totalidad de empresas del territorio nacional.
- Excelente nivel de satisfacción: AMBILAMP valora anualmente tanto la satisfacción de sus productores como la de sus puntos de recogida habiendo obtenido valores por encima del 8 (sobre 10) desde su creación.
- Lucha contra los freeriders: AMBILAMP cuenta con una amplia experiencia en la lucha contra aquellas empresas que no cumplen con sus obligaciones legislativas en colaboración con el Ministerio de Industria.
- Servicio directo al punto de generación del residuo: AMBILAMP sigue una política de acercamiento a la generación del residuo realizando la recogida en el propio punto de generación y evitando flujos ilegales.
- Asesoramiento para las exportaciones a la Unión Europea: Como la nueva normativa se aplica en todos los países de la Unión Europea dependiendo de la manera en la que se esté produciendo la exportación (venta directa, filial, importador en exclusiva, etc.), los productores de material eléctrico tendrán que implicarse en mayor o menor medida.

APLICACIÓN PRÁCTICA DE AMBIAFME EN DEMOLICIONES Y CONSTRUCCIONES

Para que AMBIAFME se convierta en un instrumento de ayuda para el reciclaje de los productos de material eléctrico que se generan en las construcciones y en las demoliciones, hay que tener en cuenta una serie de factores en las distintas fases de estos procesos:

- AMBIAFME necesita llegar al origen del residuo, para poder conocer a todos los actores en todas las fases del proceso del residuo de construcción y demolición. De esta manera, AMBIAFME podrá priorizar las obras de rehabilitación y demolición parcial y total, donde se encontrará el máximo volumen de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos de material eléctrico.
- Colaborar con los agentes implicados en la recuperación íntegra del residuo. AMBIAFME contribuye a identificar y definir las responsabilidades que cada uno de estos agentes van a tener en relación a los aparatos eléctricos y electrónicos en relación con la recuperación íntegra del residuo, para lo cual es necesario identificar qué problemáticas se generan in situ para poder recabar los residuos íntegramente.
- AMBIAFME trata de crear un lenguaje común, clave para crear la trazabilidad. La codificación de residuos por parte de los actores debe ser la misma que utilice AMBIAFME y así la trazabilidad se mantiene desde el punto de orígen hasta el punto de reciclado. De esta manera, AMBIAFME puede conocer los volúmenes de residuos y las necesidades de logística en gestión in situ y offside. AMBIAFME sensibiliza e informa a los agentes.

Los principales agentes que AMBIAFME detecta en los procesos de reciclaje de productos de material eléctrico en las construcciones y demoliciones son los siguientes: proyectista, promotor y contratista:

1. Proyectista: Es el encargado de realizar el estudio de gestión de residuos en la obra. De hecho, hay que sensiblizarlo a la hora de hacer este estudio porque identifica qué residuos hay y cómo hay que clasificarlos, almacenarlos y gestionarlos.
2. Promotor: Como responsable de la obra es el custodio de toda esa documentación de gestión de residuos y la persona jurídica que contrataría o convendría con Ambiafme el tema del reciclaje
3. Contratista: Por elaborar el plan de gestión de residuos y por encargarse de recoger in situ el residuo, clasificarlo, almacenarlo y hacerlo llegar a los gestores de residuos.

El siguiente gráfico identifica los agentes participantes en la gestión de los RCD:

Figura 1. Gráfico-resumen intervinientes gestión RCD.

CONCLUSIÓN: AMBIAFME NECESITA DE LA COLABORACIÓN DE TODOS

El cambio legislativo impuesto por la entrada en vigor del ámbito abierto recogido en el citado Real Decreto 110/2015 de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos que se ha producido a partir del 15 de agosto del presente ejercicio, ha obligado a replantear el escenario que se daba hasta el momento en cuanto al reciclaje de material eléctrico en el sector de la construcción y las demoliciones. AMBILAMP y AFME se han unido para crear AMBIAFME, la solución para este reciclaje. El objetivo final de AMBIAFME es recoger y tratar los residuos de material eléctrico que se generen en las obras y demoliciones, y para ello es necesario sensibilizar a los agentes que tienen que colaborar en estas tareas: Administración central y autonómica, colegios de arquitectos, asociaciones de gestores de residuos de construcción y demolición, asociaciones de empresas de demolición, asociaciones de empresas constructoras y empresas de certificación sostenible de edificios.

PROYECTO DEMO BCN_NZEB

Resumen Proyecto: El centro tecnológico Eurecat ha demostrado la viabilidad del concepto de edificación de consumo de energía casi nulo (nZEB) en un edificio residencial de titularidad privada de nueva construcción situado en Barcelona, mediante soluciones técnicas existentes en el mercado y a unos costes cercanos a los habituales en este tipo de promociones. Durante el año 2017, el edificio ha realizado un consumo real de energía primaria no renovable para dar calefacción, refrigeración y ACS de 51,6 kWh/m2 y. De todas formas, estos indicadores se espera rebajarlos esta anualidad y las siguientes, a medida que se vaya optimizando el funcionamiento de los sistemas del edificio y se consiga un mayor conocimiento y concienciación por parte de los usuarios.

Figura 1. Vista del edificio demostrativo residencial de obra nueva proyectado como nZEB.

DATOS GENERALES PROYECTO	
Emplazamiento:	Barcelona
Uso Característico Edificio:	Residencial
Zona Climática:	C2
Obra Nueva / Rehabilitación:	Obra nueva
Superficie Total Construida:	731.76 m2
Fase del Proyecto:	Terminado en Marzo 2016
Otros:	Este proyecto demostrativo consta de una fase de monitorización de la eficiencia energética de 4 de sus 5 viviendas. El registro de los datos empezó en Marzo de 2016, pero su puesta a punto y la de los sistemas activos se alargó hasta Noviembre de 2017. Dicha fecha se considera como punto de partida de la monitorización.

MEMORIA DESCRIPTIVA

El proyecto pretende convertirse en una demostración de la capacidad de llegar al concepto de consumo energético casi nulo (en inglés las siglas nZEB, nearly Zero Energy Building) de un edificio plurifamiliar convencional entre

medianeras en la ciudad de Barcelona, plenamente representativa de un clima mediterráneo, en zona urbana de alta densidad, y con las limitaciones que impone el hecho de encontrarse en un tejido urbano no modificable.

La acción demostrativa pretende experimentar y ejemplificar la manera de resolver este tipo de edificios a partir de soluciones técnicas existentes en el mercado y en unos costes razonables que no excedan significativamente los habituales en este tipo de promociones.

Se llevan a cabo una serie de acciones de divulgación entre agentes del sector a base de monitorizar su funcionamiento durante un período de tiempo, y mostrar el propio edificio en visitas técnicas guiadas. Todo ello orientado a sensibilizar a la sociedad en general, y a los agentes del sector en particular, sobre la manera en que es viable plantear un uso más sostenible del consumo de la energía en nuestros edificios.

Agentes del Proyecto

El proyecto se realiza ante la predisposición de un promotor privado de un edificio de viviendas y de su arquitecto a participar. A partir de ellos, se vinculan al proyecto una serie de empresas patrocinadoras que aportan su tecnología y productos con la información técnica y económica necesaria, proponiendo las mejores soluciones en base a sus propios cálculos. También son protagonistas de las acciones posteriores de difusión.

El Centro Tecnológico Eurecat, ha actuado como conductor y coordinador de las distintas acciones y tareas del proyecto. Ha llevado a cabo el seguimiento periódico de la obra, a partir de la finalización de la estructura del edificio, comprobando los aspectos relativos al comportamiento energético del mismo mediante simulaciones energéticas. Ha llevado a cabo un reportaje gráfico de la puesta en obra e instalación de los equipos aportados por las empresas patrocinadoras con el objetivo de ser utilizados en las distintas acciones de difusión por las empresas patrocinadoras y el propio Eurecat. Ha conducido la instalación de los sensores y equipos de medida con los que se realiza la monitorización, y la fase de pruebas iniciales de monitorización, free evolution, test de infiltración blower door, calibración de equipos y de condiciones de confort de las viviendas, etc.

- Promotor: CRAVISON, S.L.
- Proyectistas: Ferran Cintora
- Dirección Obra: Ferran Cintora
- Otros Técnicos Intervinientes: Toni Gassó de Blower Test (test de infiltraciones blower door)
- Otros Agentes:
    - ROCKWOOL Peninsular: soluciones de aislamientos térmicos y acústicos
    - ZEHNDER: soluciones de ventilación mecánica con recuperación de calor y de emisión de calefacción y refrigeración
    - BAXI: soluciones de calefacción, refrigeración, y ACS, y sistemas de energía solar para ACS para vivienda de la planta 2
    - SOMFY: motores y automatismos para el hogar
    - AWMA: soluciones de protección solar

Descripción del Proyecto

Se trata de un edificio de viviendas plurifamiliar entre medianeras en construcción, situado en el barrio del Guinardó de Barcelona. Mayoritariamente su entorno corresponde a edificios de uso residencial con tipología plurifamiliar entre medianeras. Consta de planta sótano dedicada a aparcamientos, planta baja y dos plantas piso, con dos viviendas por planta, excepto en la planta segunda con una vivienda y, una planta cubierta.

El edificio se encuentra en una parcela trapezoidal, tiene acceso por la calle Vinyals y por la calle de la Rambla Muntanya. Tiene fachadas a estas dos calles, es un edificio en testero. El edificio está orientado a sud y sud-este.

Prestaciones del Edificio

Se ha diseñado para tener un consumo real de energía bajo, unas buenas condiciones de confort del aire interior, una buena calidad del aire y una reducción del ruido exterior.

Se ha comenzado por reducir la demanda energética a lo largo de todo el año mediante una envolvente térmica con las siguientes prestaciones y que cumplen con las exigencias básicas del CTE en relación al CTE HE:

- Aislamiento térmico por el exterior
- Continuidad del aislamiento térmico > minimización de los puentes térmicos
- Ventanas de alta eficiencia
- Protección solar exterior motorizada
- Cajas de persiana exteriores
- Baja tasa de infiltraciones

Después, se han instalado unos sistemas activos (instalaciones) para satisfacer la demanda energética por vivienda de calefacción, refrigeración, ventilación y ACS teniendo en cuenta la tipología y el alto rendimiento:

- Sistema integrado de climatización y ACS mediante bombas de calor aire-agua
- Sistema de techo radiante (calefacción y refrigeración)
- Sistema de deshumificación
- Sistema de ventilación mecánica con recuperador de calor de alta eficiencia y free-cooling cada vivienda. Control de la calidad del aire
- Energía solar térmica para producir ACS en la planta 2

La fase final del proyecto consta de una fase de monitorización de la eficiencia energética de 4 de sus 5 viviendas. El registro de los datos empezó en Marzo de 2016, pero su puesta a punto y la de los sistemas activos se alargó hasta Noviembre de 2017. Dicha fecha se considera como punto de partida de la monitorización y se basa en el bus de comunicaciones Modbus y elementos terminales de recogida de datos de sensores analógicos y digitales.

Vivienda	**PB1**	**PB2**	**P1-1**	**P1-2**	**P2**
Temperatura interior	✓	✓	✓	-	✓
Humedad interior	✓	✓	✓	-	✓
Nivel de CO_2 interior	✓	✓	✓	-	✓
Consumo eléctrico - General	✓	✓	✓	-	✓
Consumo eléctrico - Bomba de calor	✓	✓	✓	-	✓
Consumo eléctrico - Ventilación	✓	✓	✓	-	✓
Consumo eléctrico - Deshumificador	✓	✓	✓	-	✓
Consumo térmico - ACS	✓	✓	✓	-	✓
Consumo térmico - Solar	-	-	-	-	✓
Consumo térmico - Climatización	✓	✓	✓	-	✓
Temperatura exterior	-	-	-	-	✓
Humedad exterior	-	-	-	-	✓
Radiación solar	-	-	-	-	✓

Ensayos de estanquidad Blower Door Test

En abril de 2016, se llevaron a cabo por una entidad externa unos ensayos de estanqueidad en todas las viviendas siguiendo la norma estándar ATTMA TSL1 (método B), que requiere los siguientes valores para los sistemas de ventilación mecánica:

Best practice	1 (m3/h m2 a 50 Pa)
Normal practice	5 (m3/h m2 a 50 Pa)

Los resultados fueron del test fueron los siguientes:

	valor permeabilidad q_{50} (m3/h m2 a 50 Pa)	**valor tasa renovación aire n_{50} (ren/h a 50 Pa)**
Vivienda PB1	3.56	4.42
Vivienda PB2	3.39	4.19
Vivienda P1-1	2.15	2.81
Vivienda P1-2	3.24	3.97
Vivienda P2	3.39	4.19

Ensayos de acústica

Se llevó a cabo una medición del aislamiento acústico a ruido aéreo según la norma UNE EN-ISO 16283-1 en una vivienda. Se obtuvieron los siguientes resultados con el cumplimiento de los requisitos acústicos del documento básico del CTE DB HR:

Tipo de ensayo	**Índice**	**Valor obtenido**	**Valor requerido por el DB HR**	**Cumplimiento**
Aislamiento acústico de elementos de fachada	$D_{2m,nT,w,Atr}$	31 dBA	30 dBA	Bueno
Aislamiento acústico entre dos unidades de uso colindantes horizontalmente	$D_{nT,w,A}$	51 dBA	50 dBA	Bueno
Aislamiento acústico entre dos unidades de uso colindantes verticalmente	$D_{nT,w,A}$	62dBA	50 dBA	Muy bueno

MEMORIA CONSTRUCTIVA

Sustentación del Edificio y Sistema Estructural

La fundamentación consta de una cimentación directa de hormigón armado, con zapatas aisladas por los pilares centrales y muro de sótano en todo el perímetro. Consta de una solera armada sobre encachado de gravas y lámina de polietileno.

La estructura:

- Horizontal: la estructura horizontal de todas las plantas, excepto la planta cubierta, es un forjado reticular con casetones perdidos de hormigón, formando una retícula de nervios. El forjado de la cubierta está formado por perfiles metálicos tipo IPN unidos mediante un aro en todo el perímetro.
- Vertical: la estructura vertical está compuesta por los pilares y muros de carga y los muros de contención de hormigón armado.

Sistemas de Envolventes y Acabados

- Fachada: la fachada es de tipo SATE (Sistema de Aislamiento Térmico Exterior), de ladrillo cerámico con aislamiento térmico exterior de lana de roca de 8 cm de espesor (U=0,37 W/m^{2}K). El acabado es un revoque continuo, excepto en planta baja, que es un acabado de piedra y el aislamiento es interior. El acabado interior de las paredes de la fachada es un trasdosado de cartón yeso.

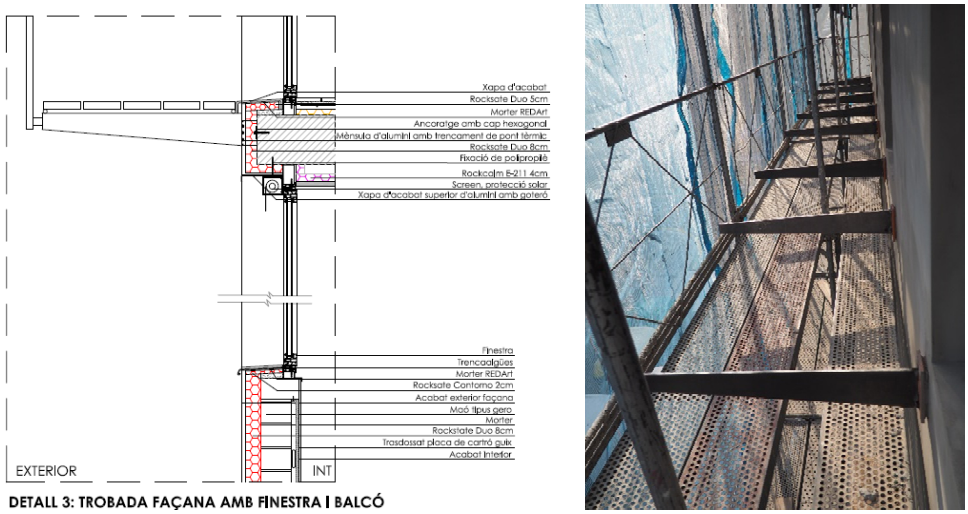


Figura 2. Sección de la fachada e imagen de la estructura metálica recibida en la estructura de los forjados.

- Cubierta: la cubierta es invertida transitable con aislamiento térmico por el exterior, 8 cm de lana de roca (U=0,27 W/m^{2}K).
- Particiones que separan las viviendas y escalera: particiones verticales con aislamiento colocado en el exterior (lado escalera), con 4 cm de lana de roca U=0,57 W/m2K.
- Forjados:
    - Forjados entre viviendas con aislamiento de 3 cm de lana de roca U=0,89 W/m^{2}K.
    - Forjado en contacto con el garaje con aislamiento por el interior, 5 cm de lana de roca U=0,63 W/m^{2}K.
- Carpinterías: las carpinterías exteriores son de aluminio anodizado con rotura de puente térmico, cristales bajo emisivo y con la cámara de argón, $U_{ventana}$=3,36 W/m^{2}K:
    - Vidrios 4/20 argón/4 bajo emisivo. U_{vidrio}=1,5 W/m2K
    - Marco de aluminio con rotura de puente térmico (RPT) (superficie vista de 58.8 mm). U_{marco}=2,3 W/m2K (ventana practicable), U_{marco}=3,8 W/m2K (ventana corredera)
    - Permeabilidad al aire (ventana practicable): clase 4
    - Permeabilidad al aire (ventana corredera): clase 3
- Protección solar: toldos verticales exteriores con tejido de factor solar de 0,12. El toldo se esconde en un sistema de caja exterior que no presenta puente térmico de fachada. Las protecciones solares están motorizadas en cada vivienda por un sistema con:
    - un sensor de temperatura del aire interior por vivienda
    - un sensor de radiación solar y un sensor de viento colocados en las dos fachadas

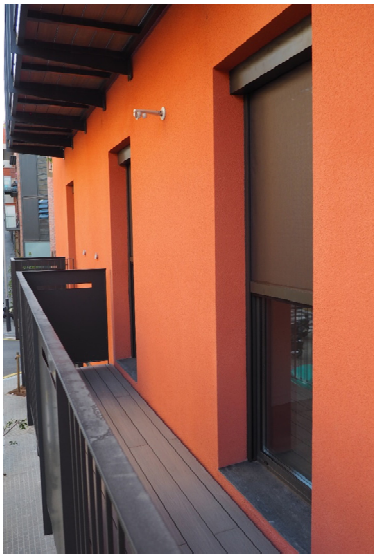


Figura 3. Vista de las oberturas con la caja de persiana exterior, protección solar automatizada y sensor de viento.

- Balcones: las losas de los balcones están diseñadas para reducir los puentes térmicos con una estructura metálica recibida en la estructura de los forjados con tornillos con taco químico.
- Medianera: la parte de medianera en contacto con el edificio vecino es una pared cerámica con aislamiento térmico de lana de roca en la cara interior de 4cm de espesor U= 0,51 W/m^{2}K.

Sistemas de Acondicionamiento e Instalaciones

El proyecto ha optado por instalar sistemas de energías renovables y de alta eficiencia para reducir el consumo de energía no renovable. Se ha optado por un sistema de A más a más, la contratación de la energía que se consume es a través de una cooperativa de consumo de energía verde que produce y comercializa energía de origen renovable certificada.

Calefacción, refrigeración y ACS

Se trata de un sistema integrado individual por vivienda de climatización y ACS con bomba de calor aire-agua V220 de 8 kW (estacionarios COP 4,27 i EER 3,99 >2,5), con placas radiantes al techo y con deshumificador. Depósito de inercia de 220 litros por vivienda. El control de temperatura del agua se encuentra entre 10º y 15º en verano (dependiendo del usuario) y unos 33º en invierno.

Ventilación

Se trata de un sistema de ventilación mecánica con recuperador de calor de alta eficiencia y free-cooling para cada vivienda. Permite un control de la calidad del aire mediante filtros de partículas.

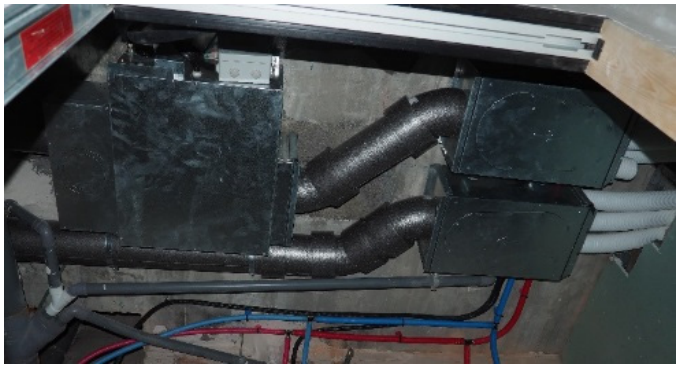


Figura 4. Sistema de deshumificación.

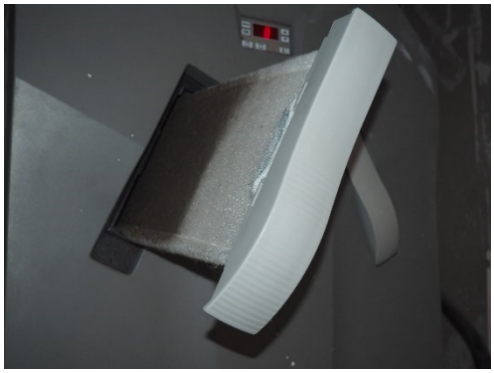


Figura 5. Estado de los filtros de partículas del sistema de ventilación de aire al final de 3 meses de funcionamiento.

Figura 6. Sistema de ventilación mecánica con recuperador de calor.

Automatización y Control

Cada vivienda dispone de un sistema de control de temperatura y de humedad relativa del aire interior, y de la velocidad del aire que permite gestionar de forma automática las temperaturas de consigna y el sistema de ventilación. Se ha diferenciado entre zona de día y zona de noche en cuanto a las cronosondas que controlan temperatura y humedad, y una cronosonda únicamente de temperatura para el baño (PB1, PB2, P1-1 y P1-2).

Energías Renovables in situ o en el entorno

Aparte del sistema de BC de climatización y ACS individual, en la vivienda de la planta 2 se ha instalado un sistema de placas solares para generar ACS.

Tipos Energías Renovables

Se ha instalado un conjunto de paneles solares térmicos para cubrir la demanda de ACS de la vivienda de la planta 2.

PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

El coste total del edificio es de 935000 euros, aprox. (1278 euros/m2 superficie construida). Los sistemas de alta eficiencia energética instalados representan un 15% del presupuesto, mientras que para un edificio convencional representarían un 12%, aprox.

	Coste (€) – casa Demo BCN_nZEB	**Coste (€) - hipótesis construcción convencional**
Aislamiento del sistema SATE	16900	16900
Otros aislamientos	13400	13400
Sistemas de protección solar	27000	20000
Sistema de monitorización de las protecciones solares accionados mediante sensores de radiación solar y de viento	3000	0
Bombas de calor aire-agua para calefacción, refrigeración y ACS, y sistema	35000	35000
Soluciones de ventilación mecánica con recuperación de calor, sistemas deshumificadores y techo radiante	50000	30000
Total	145000 (15% del coste total)	115000 (12% del coste total)

CUMPLIMIENTO DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

La normativa vigente durante la realización del proyecto corresponde al CTE HE 2006.

INDICADORES	
Consumo Energía Primaria no renovable:	26.28 kWh/m^2 año
Demanda Calefacción:	17.83 kWh/m^2 año
Demanda Refrigeración:	5.03 kWh/m^2 año
Aporte Renovables:	100%
Emisiones CO2 Edificio:	4.45 kg CO_2/m^2 año

Considerando los valores obtenidos durante la fase de monitorización de un año completo (2017), en la que se registraron los valores para dar servicio de calefacción, refrigeración y ACS de 4 de las 5 viviendas, los valores reales obtenidos fueron de 51,6 kWh/m2 año en consumo de energía primaria no renovable (limitación estipulada en el CTE de junio de 2017 en 54,7 kWh/m2 año).

CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS Y AMBIENTALES

La calificación energética del edificio obtenida con el procedimiento de HU CTE-HE y CEE Versión 1.0.1493.1049, de fecha 10-mar-2016, corresponde a una letra A 26.28 kW/m2 año en consumo de energía primaria no renovable (kWh/m2 año), y a una letra A 4.45 kg CO_2/m^2 año en emisiones de CO_2.

EL EDIFICIO CINE: UN AÑO EN ENTORNO DE ENERGÍA CERO

Resumen Proyecto: El edificio CIne es un complejo industrial y de oficinas que Norvento ha construido en Lugo para alojar su sede corporativa. Cuenta con una superficie de 4.000 m2 y capacidad para 200 trabajadores. El edificio lleva desconectado de la red, satisfaciendo sus necesidades energéticas con energía renovable generada en el emplazamiento, más de un año. Para ello, cuenta con una microrred híbrida que incorpora distintas tecnologías de generación y de acumulación de energía eléctrica y térmica. Desde su inauguración, el edificio CIne ha recibido diversos galardones gracias a su arquitectura y diseño energético vanguardistas, así como la calificación BREEAM en grado Excepcional, convirtiéndose en unos de los proyectos con mayor distinción según dicho certificado a nivel mundial.

Figura 1. Vista aérea del proyecto Cine.

DATOS GENERALES PROYECTO	
Emplazamiento:	Lugo
Uso Característico Edificio:	Oficina y Laboratorio de experimentación
Zona Climática:	Zona climática C
Obra Nueva / Rehabilitación:	Obra nueva
Superficie Total Construida:	4.000 m2
Fase del Proyecto:	Diciembre 2016
Operación aislada de la red:	15 meses a fecha del Congreso

MEMORIA DESCRIPTIVA

El edificio CIne (Centro de Innovación Norvento Enerxía) es un complejo industrial y de oficinas de unos 4000 m2 y con capacidad para 200 trabajadores que el grupo Norvento ha construido en Lugo. Su puesta en funcionamiento tuvo lugar durante el verano de 2017. Este edificio está físicamente desconectado de la red eléctrica y de gas. El 100% de

sus necesidades energéticas - eléctricas y térmicas - se cubren con energías renovables, convirtiéndolo en un edificio de Energía Cero, convirtiéndolo en un proyecto de referencia en este campo.

Agentes del Proyecto

Todos los aspectos energéticos del proyecto han sido concebidos, diseñados y desarrollados por Norvento, que también ha llevado a cabo la dirección de obra y gestión de proyectos. Con el diseño arquitectónico del CIne, obra del arquitecto Francisco Mangado, se ha buscado crear un entorno de trabajo acogedor, muy integrado con su entorno y en el seno de un edificio estéticamente atractivo, pero amable y cómodo para sus ocupantes.

El proyecto es fruto del trabajo conjunto de numerosos profesionales de la arquitectura, la ingeniería y la consultoría:

- Promotor: Norvento
- Arquitectura: Francisco Mangado
- Dirección Obra: Norvento
- Ingeniería: Norvento (excepto estructuras)
- Otros Técnicos Intervinientes: Construcciones San José (Constructora), Exeleria (Consultoría BREEAM), CIS-Madeira (Consultoría fachada)

Antecedentes

Norvento es un grupo gallego con más de treinta años de experiencia en la promoción, desarrollo, ingeniería y explotación de proyectos de energías renovables y eficiencia energética. El proyecto CIne, sito en el parque empresarial As Gándaras, en Lugo, constituye su esfuerzo por trasladar el know-how en materia de generación distribuida, gestión de la energía y eficiencia energética a su nueva sede corporativa. En él, Norvento concentra toda su actividad tecnológica y de desarrollo de negocio, que hasta el momento estaba diseminada en varias sedes.

Además, como sede corporativa, durante este proceso se ha tenido muy presente su valor como instrumento para la transmisión de los valores y la cultura corporativa de Norvento. El reflejo de dichos valores se manifiesta en el compromiso del proyecto con la sostenibilidad, la eficiencia energética y las energías renovables.

Descripción del Proyecto

El CIne es una construcción de planta baja, de unos 4000 m^2 de superficie y capacidad para 200 trabajadores, en una parcela de unos 20.000 m^2 con orientación N-S. Dispone de una edificación auxiliar de 230 m^2 –el edificio de instalaciones– donde se concentran la mayor parte de instalaciones técnicas del edificio, y especialmente aquéllas relacionadas con su autoabastecimiento energético.

El funcionamiento aislado de la red es posible gracias a la implementación de una microrred con el mix óptimo de tecnologías de generación y acumulación, gestionadas por un sistema de control avanzado, capaz de coordinar en tiempo real generación, acumulación y consumo.

El CIne se ha concebido además como una instalación de ensayo y demostración: nuevas tecnologías de generación o acumulación pueden ser fácilmente integradas en la microrred para ser probadas y validadas en un entorno real, sustituyendo o complementando a las tecnologías preexistentes. Así, el CIne es una instalación dinámica, capaz de evolucionar a lo largo del tiempo para reflejar el desarrollo tecnológico.

El concepto de sostenibilidad del CIne va más allá de lo estrictamente energético. Durante el proceso de diseño y desarrollo del proyecto se han tenido muy en cuenta aspectos como el bienestar de sus ocupantes, la gestión del agua o el ciclo de vida de los materiales empleados.

Figura 2. Exteriores del edificio Cine.

El edificio CIne es la demostración de que las energías renovables tienen la capacidad y madurez tecnológica suficiente para dar respuesta a las demandas energéticas de consumidores complejos de escala industrial en un modelo de generación distribuida.

Prestaciones del Edificio

El proyecto CIne aprovecha al máximo los recursos renovables disponibles a través de sus sistemas de generación, almacenamiento y control de la energía, minimizando la demanda energética implementando medidas de eficiencia energética. La combinación de ambos aspectos es fundamental para alcanzar el mayor grado de sostenibilidad posible.

Actuaciones sobre la demanda

El primer paso para desarrollar un edificio sostenible es minimizar la demanda energética. Las actuaciones que en ese sentido se han implementado en el edificio Cine engloban:

- Orientación
- Aprovechamiento de la luz natural
- Iluminación artificial gestionable
- Sistemas de recuperación de calor
- Sistemas de aislamiento

Figura 3. Vista interior recepción Cine.

Adicionalmente, se incorporan otras medidas de sostenibilidad no energética como son el aprovechamiento de las aguas grises y agua de lluvia y el uso de materiales de producción local para cuestiones tan relevantes como la fachada. Estas actuaciones hacen que la demanda energética del edificio CIne corresponda a un 35% de la demanda energética de un edificio de sus características. Con la intención de dimensionar de la forma más óptima la microrred, se llevó a cabo una detallada simulación informática modelizando las soluciones constructivas, condiciones climáticas y el régimen de uso previsto para elaborar un perfil de demanda tipo.

Microrred aislada

Sin embargo, posiblemente el mayor éxito del edificio deviene de la combinación de tecnologías de generación, almacenamiento y control de la energía que le permiten funcionar completamente desconectado de las redes de electricidad y gas, suministrando energía estable y de calidad. La microrred incorpora:

- Sistemas de generación eléctrica de fuentes renovables: solar fotovoltaica y eólica
- Sistemas de almacenamiento eléctrico: baterías de litio
- Sistemas de almacenamiento térmico: depósitos de agua caliente y fría
- Bombas de calor geotérmicas
- Grupos de apoyo de biodiésel
- Sistema de control de la microrred

Este sistema permite suministrar alrededor de 310 MWh de energía eléctrica al año suficientes para satisfacer la demanda del edificio y otros consumos como los puntos de recarga de vehículo eléctrico.

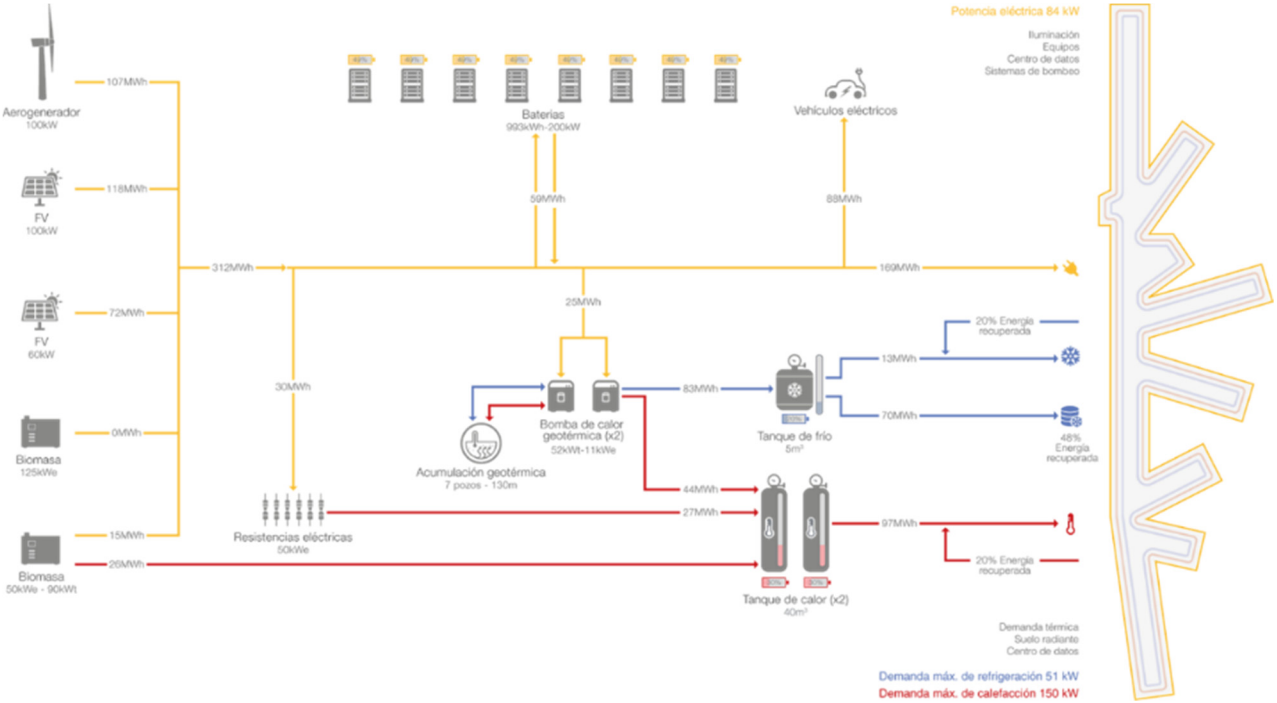


Figura 4. Sistema de monitorización de las instalaciones energéticas.

MEMORIA CONSTRUCTIVA

El proyecto CIne es la culminación de más de 6 años de trabajo, desde la idea de concepto hasta la puesta en marcha de la microrred en el verano del 2017. Es un proyecto de máximos, y la mejor demostración de que la tecnología actual junto con las capacidades desarrolladas de una empresa con la experiencia de Norvento permite alcanzar cotas hasta hace poco inimaginables en el apartado de la sostenibilidad y la independencia energética.

El desarrollo del edificio CIne, el sistema energético que lo alimenta, así como otras instalaciones que forman parte del conjunto han sido creados buscando incorporar los sistemas de eficiencia energética, generación distribuida y sistemas de control más vanguardistas.

Sistemas de Envolventes y Acabados

Los cerramientos se han diseñado para minimizar las pérdidas de energía, poniendo especial cuidado en el dimensionamiento de las capas de aislamiento. Se ha conseguido una reducción en la conductividad térmica del 35% en la cubierta y del 70% en la fachada. Para el edificio CIne se ha desarrollado, en colaboración con el Centro Tecnológico CIS Madeira, una fachada de madera de eucalipto. Galicia es uno de los mayores productores de eucalipto del mundo, y este proyecto ha supuesto una oportunidad para poner en valor esta madera local, empleándola en una nueva aplicación de alta exigencia funcional y alto valor añadido.

Sistemas de Acondicionamiento e Instalaciones

Climatización

La climatización –calor y refrigeración– del edificio se realiza a través de un sistema de suelo radiante, alimentado por dos bombas de calor geotérmicas de 52 kWt cada una.

Se han implementado sistemas de recuperación de calor (ventilación forzada) que permiten recuperar hasta un 20% de la carga térmica del aire de ventilación y hasta un 35% de la energía utilizada para el acondicionamiento de la sala de servidores.

Iluminación

Toda la iluminación artificial del edificio está formada por luminarias LED. Además, se dispone de un sistema de control de iluminación que permite maximizar el aprovechamiento de la luz natural.

Automatización y Control

Existen sistemas de automatización y control para optimizar el consumo energético – tales como los comentados en la parte de iluminación – pero las mayores novedades en este campo se incluyen en el apartado de gestión del sistema de generación.

Figura 5. Vista interior de salas de reuniones.

Optimización de la orientación y aporte de luz natural

Se ha diseñado la forma del edificio para maximizar la exposición al sur, teniendo en cuenta las limitaciones impuestas por la forma de la parcela. as numerosas ventanas y lucernarios se han diseñado para maximizar el aporte de luz solar natural eliminando el riesgo de deslumbramiento. Los vidrios y carpintería empleados son de bajo factor solar y con rotura de puente térmico para mantener al mínimo las pérdidas de energía, reduciéndose un 40% la conductividad térmica de los elementos.

Aprovechamiento de agua de lluvia y aguas grises

El edificio CIne está equipado con un sistema de recolección de agua de lluvia y reutilización de aguas grises, capaz de cubrir toda la demanda de descarga de los inodoros, que asciende al 55% de la demanda total del edificio.

Energías Renovables in situ o en el entorno

La experiencia de Norvento a la hora de analizar el recurso disponible y diseñar sistemas de generación optimizados para la ubicación y tipo de demanda ha permitido dimensionar un sistema energético que por sus características representa uno de los más vanguardistas a nivel mundial. Para cuantificar los recursos renovables disponibles en el emplazamiento se instaló durante más de dos años una torre anemométrica de 36 m de altura equipada con anemómetros y un piranómetro. Los datos recopilados durante el periodo de medida permitieron contrastar y validar los datos proporcionados por las bases de datos existentes. Como conclusión se ha elaborado un perfil horario de recurso eólico y fotovoltaico para varios años tipo. La Figura 6 muestra el perfil agregado de producción eólica y fotovoltaica. También se realizó un test de respuesta térmica del terreno, con resultado muy favorable.

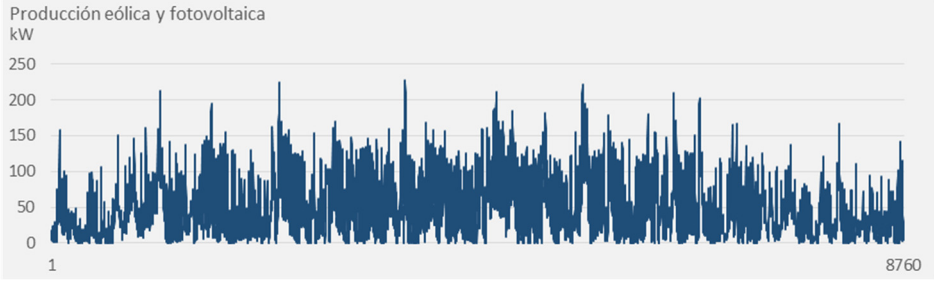


Figura 6. Producción agregada eólica y fotovoltaica.

Tipos Energías Renovables y Otros Componentes de la Microrred

A partir de las curvas tipo de demanda y de recursos disponibles se dimensionaron los sistemas de generación y acumulación de energía. En la Tabla III se muestran las distintas tecnologías implementadas:

#	Sistema
1	Energía eólica: Se cuenta con un aerogenerador nED100, de 100 kW. Es un aerogenerador desarrollado y fabricado por Norvento, especialmente diseñado para aplicaciones de generación distribuida y autoconsumo.
2	Energía fotovoltaica: Se han instalado 165 kWp en las cubiertas del aparcamiento.
3	Baterías: Se dispone de un sistema de acumulación eléctrica de baterías de litio de 996 kWh y 200 kW. La finalidad del sistema es maximizar el aprovechamiento de las energías renovables y mantener la regulación de tensión y frecuencia de la microrred.
4	Energía geotérmica: La climatización –calor y refrescamiento– del edificio se realiza a través de un sistema de suelo radiante, alimentado por dos bombas de calor geotérmicas de 52 kWt cada una.
5	Acumulación térmica: Se dispone de un sistema de acumulación térmica por agua, formado por dos depósitos de agua caliente de 20 m^3 a 90 ºC y un depósito de agua fría de 5 m^3 a 12 ºC. Los depósitos de agua caliente están equipados con 50 kW de resistencias eléctricas que permiten acumular en forma de calor la energía eléctrica excedente.
6	Biodiésel: Se cuenta con un sistema de cogeneración de 50 kWe y 90 kWt para apoyo del sistema de climatización, más un sistema de respaldo de 120 kWe.
7	Vehículo eléctrico: La instalación estará equipada con cinco estaciones de carga de vehículos eléctricos, con posibilidad de ampliar en el futuro hasta veintiocho unidades. Estas estaciones están disponibles en el aparcamiento para los usuarios del edificio y la propia flota de vehículos de la empresa.
8	Sistema de control de la microrred: La instalación dispondrá del sistema de control de energía avanzado, que permitirá coordinar en tiempo real generación, acumulación y consumo. Dentro del sistema de control se incorpora una capa de supervisión SCADA que permite monitorizar el funcionamiento de la instalación en todo momento, así como acceder a eventos, predicciones de producción o alarmas

Tabla III. Explicación de los principales componentes de la microrred implementada en el CIne.

Conclusiones de la operación durante un año completo

La demanda satisfecha por los diferentes sistemas incorporados ha alcanzado los 318.329 kWh durante el periodo comprendido entre septiembre 2017 y agosto 2018.

Desde el punto de vista de la generación se han observado variaciones en la generación eólica prevista debido a un año de bajo recurso en general (contrastado con los parques eólicos de la zona). El nivel de bienestar y calidad de la energía proporcionado tanto por los sistemas de generación como de eficiencia energética, así como otras medidas de sostenibilidad incorporadas, ha sido contrastado tanto empíricamente como por sus usuarios.

Otros aspectos relevantes

El diseño arquitectónico de Francisco Mangado le confiere al edificio un aspecto innovador, pero a la vez doméstico, orientando inteligentemente las zonas de trabajo hacia la naturaleza, lo que añade valor positivo a la experiencia del usuario. El bienestar de los empleados ha sido un factor determinante en la elección de numerosas características del edificio.

PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

El proyecto fue concebido desde su origen como una apuesta de Norvento por convertir el edificio en un exponente de su capacidad tecnológica y de soluciones ante el mercado, por lo que el apartado económico no ha tenido especial relevancia, al menos desde el punto de vista de la optimización del retorno económico. La cifra total del proyecto es de 12 M€, lo cual incluye, entre otros: terrenos, construcción, mobiliario, equipos, sistema energético, honorarios profesionales, gestión de proyecto, certificaciones y algunos proyectos de I+D necesarios para llegar a este resultado

En proyectos de sistemas energéticos de índole similar para cliente final se buscaría un retorno de entre 6 y 9 años, habitual para proyectos de infraestructura.

CUMPLIMIENTO DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

Las actuaciones de limitación de demanda implementadas en el edificio CIne lo llevan más allá de los requerimientos establecidos por el estándar Passivhaus. Además, toda la demanda energética del edificio se cubre con energías renovables, lo que significa el ahorro de más de 160 toneladas de gases de efecto invernadero al año. El sistema de carga de vehículos eléctricos permitirá cubrir más del 90% de las necesidades energéticas de la flota de la empresa.

Aparte de estos resultados sobre la sostenibilidad energética del proyecto, los sistemas de recogida de agua de lluvia y reciclaje de aguas grises permiten cubrir la totalidad de la demanda de agua de descarga para inodoros.

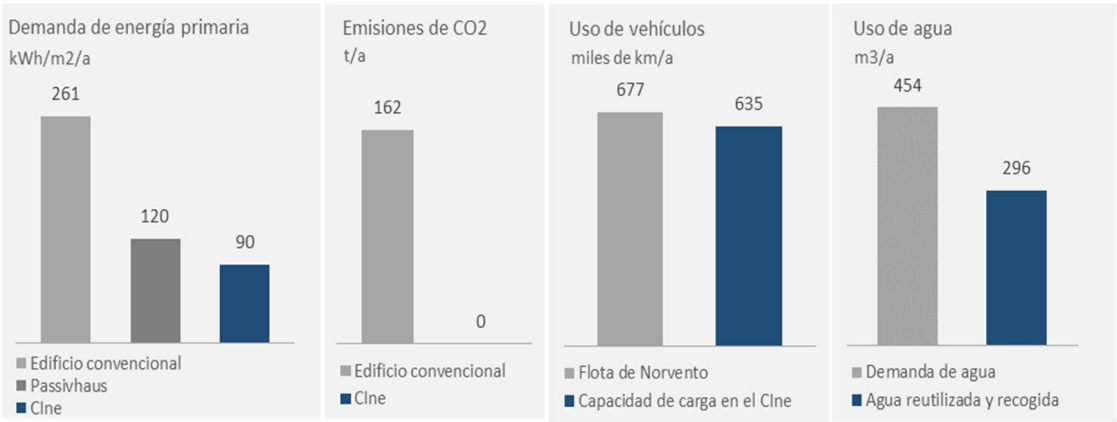


Figura 7. Algunos parámetros de sostenibilidad del edificio Cine.

INDICADORES	
Consumo Energía Primaria no renovable:	0 kWh/m2/año
Demanda Calefacción:	24,25 kWh/m2/año
Demanda Refrigeración:	20,75 kWh/m2/año
Aporte Renovables:	100%
Emisiones CO2 Edificio:	0

CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS Y AMBIENTALES

El proyecto ha sido certificado según el estándar BREEAM en grado Excepcional.

Adicionalmente, el edificio CIne ha recibido numerosos reconocimientos a lo largo de su primer año de vida:

- Premios FAD 2018
- The American Architecture Prize 2017
- Premio Barcelona Building Construmat 2017
- Premio Internazionale Architettura Sostenible
- XII Edición Premio Internacional de Arquitectura Sostenible FASSA BARTOL

OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA ALQUERÍA PARA CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO

Resumen Proyecto: El proyecto consistió en la rehabilitación de una vivienda típica de la huerta Valenciana, cuya tipología constructiva se denomina Alquería, para lograr una demanda de climatización muy reducida. El objetivo de este proyecto se definió teniendo en cuenta el creciente interés por la rehabilitación de edificios de interés patrimonial y el panorama energético y medioambiental actual. Con este propósito, se desarrolló un modelo para la simulación energética de la vivienda mediante el software TRNsys 17; con la comparación de medidas experimentales y de resultados de la simulación se consiguió la validación del modelo (RMSE 1.63 ° C, MAPE 5.88%). Una vez validado el modelo energético se procedió a realizar un estudio de optimización de la demanda energética de climatización mediante la implementación de medidas pasivas (medidas aplicadas al edificio que no requieren energía adicional). Se obtuvo una demanda energética de climatización muy próxima a cero. Actualmente, la vivienda ha sido entregada a sus usuarios, a falta de instalar los necesarios elementos de sombra. No se ha instalado ningún sistema activo de climatización, se cubre la demanda de refrigeración mediante ventilación natural y la de calefacción mediante la ayuda del recuperador de calor y la radiación solar directa a través de las ventanas instaladas a sur. Con esta vivienda se pretende demostrar cómo mediante unas medidas básicas pasivas se puede conseguir la práctica eliminación de la demanda energética de climatización sin una inversión excesiva.

Figura 1. Alquería tras la rehabilitación.

DATOS GENERALES PROYECTO	
Emplazamiento:	Partida de Vera 16 (Coord. UTM. X 729359,51M; Y 4374662,04M; DATUM WGS84), 46120, Alboraya, Valencia
Uso Característico Edificio:	Residencial
Zona Climática:	B3
Obra Nueva / Rehabilitación:	Rehabilitación
Superficie Total Construida:	102 m^2
Fase del Proyecto:	Rehabilitación acabada a falta de algunos acabados y la instalación de sistema de energía solar térmica para generación de ACS.

MEMORIA DESCRIPTIVA

La rehabilitación de la vivienda se ha hecho respetando lo máximo posible su configuración y materiales originales, pero mejorando muy significativamente su comportamiento térmico con el fin de conseguir una demanda de climatización prácticamente nula.

Para ello y previamente a la rehabilitación, se realizó un estudio energético mediante simulación con el software TRnsys 17. Con en este programa se desarrolló un modelo energético del estado original de la vivienda. Dicho modelo fue calibrado y validado a través de la comparación entre las medidas obtenidas en la simulación y las medidas de temperatura y humedad interior recogidas durante más de 6 meses en la propia Alquería.

Una vez validado el modelo se elaboró una estrategia de optimización energética que permitió establecer un protocolo de introducción de las medidas pasivas siguientes:

- Espesor de aislamiento de la envolvente del edificio (muros y cubiertas en contacto con el exterior).
- Superficie de ventanas a sur: debía ser la adecuada para que el aporte de energía por radiación solar directa a través de ellas en los meses de invierno fuera suficiente teniendo en cuenta las pérdidas de calor a través de las mismas durante el periodo nocturno.
- Ventilación natural adecuada. Esta medida pasiva permite refrigerar la vivienda sin necesidad de instalar sistemas de refrigeración activos. Esta se consigue mediante los huecos originales de la alquería en orientación este y colocando el número de huecos mínimo posible en orientación oeste para asegurar la ventilación cruzada. Los huecos en esta última dirección serán mínimos para evitar sobrecalentamientos.
- Sistemas de sombreamiento en las ventanas de orientación sur, este y oeste para evitar sobrecalentamientos en periodos de verano.

Tras realizar el análisis energético y tener claro las medidas pasivas a instalar se procedió al desarrollo del proyecto de rehabilitación.

Agentes del Proyecto

- Promotor: Dña. Pilar Ferrer Lacruz y D. Rafael Royo Pastor
- Proyectistas: Carolina Aparicio Fernández
- Dirección Obra: Carolina Aparicio Fernández
- Director de la ejecución de la obra: Santiago Tormo Esteve
- Otros Técnicos Intervinientes: Ana Martínez Ibernón, realizó el estudio de optimización energética de la vivienda.
- Otros Agentes: Aislamientos PIMAT, empresa instaladora del sistema SATE (Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior) y del recuperador de calor Zehnder.

Antecedentes

Se recibe por parte del promotor el encargo de la redacción del proyecto de reforma de una vivienda en una parcela situada en la huerta de Alboraya.

El solar limita al norte con la acequia que sirve para regar el campo del mismo propietario.

Originariamente al edificio se accedía por planta baja. Ésta en su estado original constaba de un acceso a la planta superior por el exterior. La planta superior se encontraba como un almacén abuhardillado.

Descripción del Proyecto

El edificio objeto del proyecto es la reforma de una vivienda exenta con las actuales exigencias e intentando conseguir una demanda energética baja. La vivienda consta de planta baja y bajo cubierta. En su estado original la planta baja tenía un diseño de vivienda a “dos manos”, es decir, el acceso estaba situado en la planta central y a ambos lados se desarrollaban las estancias. Al fondo se encontraba la cocina, que es un volumen anexionado con posterioridad, además constaba de un patio en el cual se asentaba la escalera para subir a la cambra.

A la vivienda se accede desde la parcela del mismo propietario.

La vivienda reformada se resuelve en planta baja y consta de salón, cocina, comedor y un baño completo, escalera, distribuidor y patio. A la segunda planta se accede desde una escalera interior y hay un dormitorio doble.

En esta segunda planta está todo abuhardillado bajo cubierta. No toda la superficie es aprovechable debido a la altura que queda bajo el techo. En esta planta se resuelve el acceso a la cubierta plana que está encima del salón y la cocina.

La cubierta inclinada se resuelve en tres faldones distintos con una pendiente de 30°. Todas las cubiertas inclinadas tienen una estructura de madera a base de pares y rastreles. Los faldones se resuelven con dos tipos de teja distinta, con teja cerámica curva y teja cerámica plana. Bajo la teja se coloca panel sándwich de madera con aislamiento térmico de forma que se cumpla con las condiciones de habitabilidad exigibles. La cubierta del salón y la cocina es una cubierta plana a la catalana. Esta cubierta va también aislada térmicamente.

La estructura del edificio se resuelve a base de muros de carga de ladrillo macizo con pilares del mismo ladrillo en el interior. Los forjados están resueltos con vigas y viguetas de madera. La estructura original se respetó siempre que fue posible, cuando fue necesario sustituir algún elemento se realizó conservando las características originales de dimensiones, evitando así que cambie el aspecto original de la vivienda. Todos los elementos a sustituir fueron del mismo material que los originales.

Se colocó aislamiento térmico en cubierta, fachadas y suelo. El espesor de este aislamiento es el óptimo determinado mediante análisis energético, realizado a través de programas de simulación y previo a la reforma de la vivienda.

La composición de la fachada principal responde a vivienda tradicional de la huerta con huecos verticales y un portón de entrada que permitía el acceso de carros al interior de la casa. La lectura de las fachadas en el estado en el que se adquirió la vivienda nos permitió ver que se habían realizado distintas reformas sobre la vivienda. Con la actuación planteada se pretendió recuperar los huecos iniciales con forma rectangular que caracterizan esta tipología.

Se modificó la composición de huecos a sur para conseguir mayor soleamiento e iluminación en el interior de la vivienda, el número de huecos se determinó según estudio térmico y de iluminación realizado mediante programas de simulación. No obstante, se ha repetido el tamaño rectangular de los huecos originales para no romper con la estética de la vivienda.

MEMORIA CONSTRUCTIVA

Sustentación del Edificio y Sistema Estructural

La estructura original de la vivienda se encontraba en buen estado por lo que solo se modificó aquello que fue indispensable. Se apreciaba que anteriormente hubo una escalera interior que comunicaba la vivienda con la cambra. En el proyecto se recuperó este acceso interior, lo que obligo a abrir un hueco en el forjado original, éste se realizó en la zona que estuvo anteriormente.

El edificio no presentaba grietas debido a asientos diferenciales por lo que se concluyó que estaban bien ejecutadas y en perfecto estado. La cimentación original es una cimentación corrida bajo muro de carga. Los pilares centrales tienen zapatas centradas aisladas.

La estructura vertical se resuelve a base de paredes de carga de ladrillo macizo con un espesor de un pie (25cm), la vivienda además consta de dos pilares de ladrillo macizo también de 1 pie (25x25cm) en el pórtico central, que coincide con la cumbrera. En la rehabilitación no se eliminó ninguna pared de carga.

El edificio consta de 1 forjado intermedio y la cubierta. Los forjados son unidireccionales con vigas y viguetas de madera. Los pórticos se resolvieron con vigas de madera de sección 30x40cm colocadas de canto. El forjado es un forjado de viguetas de madera de 13x26cm con entrevigado a base de revoltón cerámico con un intereje de 70cm.

La cubierta se resolvió con pares de madera de 13x26cm con un intereje de 70cm. Sobre los pares se colocaron rastreles y la teja plana. En la zona con teja curva, se colocó una cámara de ladrillo macizo y la cobertura de teja encima. Se realizó la sustitución de las viguetas que están más deterioradas debido a la humedad y los xilófagos. La sustitución de las viguetas se realizó por viguetas de madera. Se mantiene la actual estructura por lo que no se requiere ningún cálculo adicional.

Los forjados y estructura proyectados cumplen en todos los casos con lo especificado en las siguientes normativas: CTE-DB-SE: Bases de cálculo DB SE-F: Fábrica y DB SE-M: Madera.

Para la obtención de las solicitaciones se ha considerado los principios de la Mecánica Racional y las teorías clásicas de la Resistencia de Materiales y Elasticidad. El proceso de cálculo se realiza con el programa de cálculo CYPECAD.

Sistemas de Envolventes y Acabados

Fachadas:

En el estado original todas las fachadas estaban compuestas por un pie de ladrillo macizo revestido por ambos lados. Como esta solución constructiva no cumple con las condiciones de habitabilidad, es necesario colocar aislamiento térmico, además en la vivienda se pretende tener una demanda de frio y calor prácticamente nula, el espesor requerido de aislamiento para conseguir este objetivo se definió mediante análisis energético previo a la rehabilitación. Se decidió colocar el aislamiento térmico por el exterior mediante el sistema SATE, disminuyendo así los posibles puentes térmicos. Se colocó un espesor de aislamiento de 12cm.

Carpintería exterior:

Puesto que en esta vivienda se pretende tener una demanda de climatización prácticamente nula la utilización de una carpintería apropiada era prioritario. La carpintería a colocar es de PVC, acristalamiento 5+5/10/4+4, se colocaron ventanas practicables y fijos según corresponda por ventilación natural.

Cubiertas en contacto con el aire exterior:

El edificio en su estado previo a la rehabilitación constaba de tres tipos de cubierta.

La zona de la cocina era una cubierta plana con acabado de rasilla de aspe. No se apreciaban filtraciones en la cubierta, por lo que en ésta se colocó una capa de aislamiento térmico y un pavimento a modo de azotea invertida. El tejado se resolvió con teja cerámica curva y teja cerámica plana. En ambos casos se procedió al levantado de la teja y se colocó un panel sándwich con aislamiento térmico y acústico. Sobre el panel se volvieron a colocar las tejas existentes. Se colocó un espesor de aislamiento de 20cm en cubiertas según lo establecido en el análisis energético.

Suelos apoyados sobre terreno:

Se colocó cama de grava, sobre ella lámina de PVC de 1.2mm y, por último, encima de esta última se ejecutó el pavimento.

Sistemas de Acondicionamiento e Instalaciones

Calefacción

La vivienda no dispone de sistemas activos de calefacción. La rehabilitación de la vivienda ha sido diseñada para tener una demanda mínima de calefacción que pretende ser suplida mediante la radiación solar directa a través de las ventanas colocadas a sur. El sistema de recuperador de calor también colabora en mantener una temperatura interior de confort. En los días en los que la temperatura interior se preveía que pudiera descender de 19°C se usó un pequeño calefactor de baño de 700 W con una demanda energética de calefacción total inferior a los 6 kWh/m^2 año. Para el año siguiente esta demanda se va a compensar con un sistema de bomba de calor con COP superior a 5, con lo que la demanda de energía primaria se llegará a situar prácticamente en 1 KWh/m^2 año.

Refrigeración

La vivienda no dispone de sistemas activos de refrigeración. Se pretende cubrir esta necesidad mediante la ventilación natural. Los huecos en fachadas este y oeste permiten obtener una ventilación cruzada apropiada para conseguir temperaturas de confort en el interior cuando los requerimientos son de frio. En periodos en los que la ventilación natural no es apropiada para la refrigeración de la vivienda se tiene sistema de ventilación con recuperador.

Ventilación

Existe sistema de ventilación mecánica a doble tubo con recuperador de calor. Este sistema aportara el caudal de renovación de aire necesario según DB-HS, con el fin de asegurar las condiciones requeridas de calidad de aire interior. Un sistema de ventilación adecuado es fundamental en la vivienda pues esta tiene una alta hermeticidad.

Iluminación

El sistema de iluminación es a base de LEDs, con el fin de conseguir un consumo en iluminación mínimo.

Energías Renovables in situ o en el entorno

En la vivienda se pretende instalar en un futuro próximo un sistema de placas fotovoltaicas que permita cubrir la reducida demanda energética de partida.

Sistema pasivo de climatización

La rehabilitación de la vivienda ha sido planteada para conseguir una demanda de climatización prácticamente nula, según resultados obtenidos en la simulación, con lo que en un principio no se instalaron sistemas de climatización activos. Los requerimientos de refrigeración se suplen con la ventilación natural y los de calefacción mediante la radiación solar directa a través de las ventanas instaladas en la fachada sur. Se instala sistema de ventilación para asegurar calidad del aire interior y sistema de recuperador.

PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

El presupuesto total de rehabilitación de la vivienda ha estado entorno a los 80000€.

CUMPLIMIENTO DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

HE 0 Limitación del consumo energético

Cuantificación de la exigencia

Se calculó según apartado 2.2.1 Edificios nuevos o ampliaciones de edificios existentes de uso residencial privado el valor límite ($C_{ep,lim}$) del consumo energético de energía primaria no renovable del edificio.

$$C_{ep,lim} = 52.69\ kW/hm^2 año$$

Siendo el consumo de enegía primaria estimado del edificio según certificación energética del edificio obtenida con la Herramienta Unificada Lider-Calener:

$$C_{ep,edificio} = 47.29\ kW/hm^2 año$$, según

HE 1 Limitación de demanda energética

Cumplimiento del CTE-HE1 (Mediante método general)

Se adjunta la ficha realizada con la herramienta unificada LIDER-CALENER por la cual se justifica el cumplimiento del HE-1 para una vivienda localizada en Alboraya.

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Demandas	kWh/m²	kWh/año	kWh/m²	kWh/año
Calefacción	10.2	986.8	40.8	3943.5
Refrigeración	9.6	924.5	10.8	1045.1

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Consumos Energía Final	kWh/m²	kWh/año	kWh/m²	kWh/año
Calefacción	9.3	899.3	54.5	5270.7
Refrigeración	6.7	651.3	6.4	614.8
ACS	8.6	831.6	12.4	1199.6
Total	24.6	2382.2	73.3	7085.1

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Consumos Energía Primario	kWh/m²	kWh/año	kWh/m²	kWh/año
Calefacción	16.2	1568.4	59.1	5718.1
Refrigeración	17.5	1695.3	16.9	1630.4
ACS	8.7	840.7	10.9	1052.6
Total	42.4	4104.4	86.9	8401.1

	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
Emisiones	kgCO2/m²	kgCO2/año	kgCO2/m²	kgCO2/año
Calefacción	3.8	367.5	13.0	1257.1
Refrigeración	4.4	425.5	4.1	396.5
ACS	1.8	174.1	2.6	254.8
Total	10.0	967.0	19.7	1908.4

Mediante el software de análisis energético TRnsys 17 con el modelo energético de la vivienda, validado para su estado original, tras el proceso de optimización energética se obtuvieron unos valores de demanda de calefacción y refrigeración de:

- Calefacción Demandada: 0.7kWh / año m^2,
- Refrigeración Demandada: 2.2 kWh / año m^2.

Sin sistema de recuperación de calor y ventilación mecánica implementados (solo medidas pasivas):

- Calefacción Demandada: 7.4kWh / año m2,
- Refrigeración Demandada: 2.8 kWh / año m^2.

CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS Y AMBIENTALES

Actualmente en la vivienda se han instalado en el interior sondas de temperatura y humedad para el control de las temperaturas, con el fin de poder hacer un seguimiento de las condiciones interiores y contrastar los resultados obtenidos en la simulación.

Según los datos de consumo eléctrico leídos en el contador de la vivienda, en el periodo comprendido entre el 8 de septiembre de 2017 y 13 de julio de 2018 el consumo fue de 24.95kWh/m^2.Durante este periodo en los meses de invierno se tuvo que utilizar los días más fríos un convector eléctrico de baño de 700 W de potencia.

Durante el verano no fue necesario ningún sistema activo de refrigeración.

El consumo diario sin calefacción promedio es de 5.076 kWh. Atendiendo a éste el consumo estimado anual por m^2 sin calefacción, estará en torno a 18.10 kWh/m^2año.

Se ha llevado a cabo un test de Blower Door con el fin de verificar si el nivel de estanqueidad es el adecuado según Passivhaus. El resultado fue 1.49 renovaciones por hora, satisfaciendo la exigencia de estanqueidad para la rehabilitación de edificios según la norma Passivhaus.

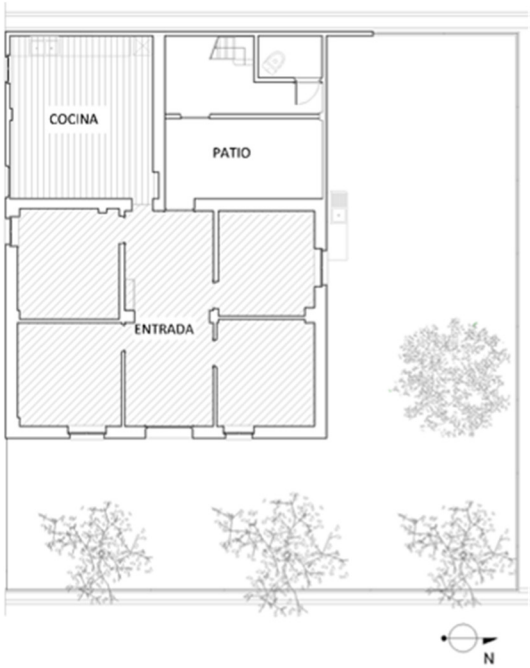
IMÁGENES PROYECTO

Figura 2. Fachada sur en estado original.

Figura 3. Fachada oeste en estado original.

Figura 4. Fachada este en estado original.

Figura 5. Fachada norte en estado original.



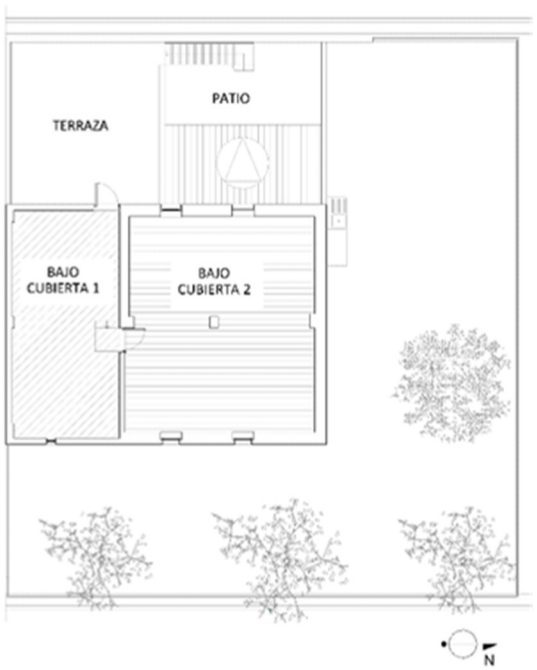


Figura 6. Esquema distribución de Planta Baja en estado original y Figura 7. Esquema distribución de Planta Baja Cubierta en estado original.

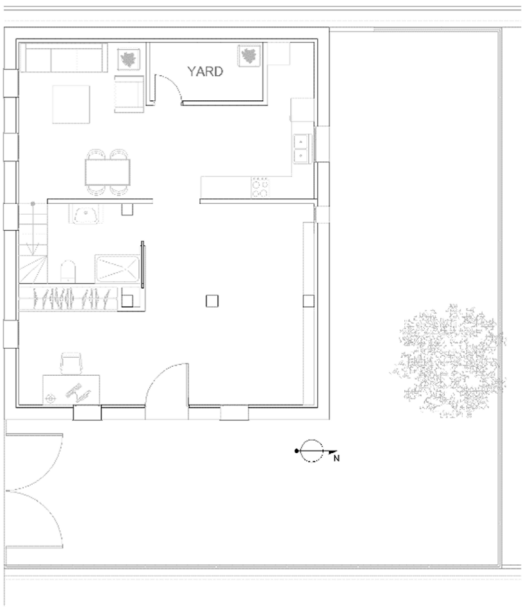


Figura 8. Esquema de distribución de Planta Baja después de la rehabilitación.

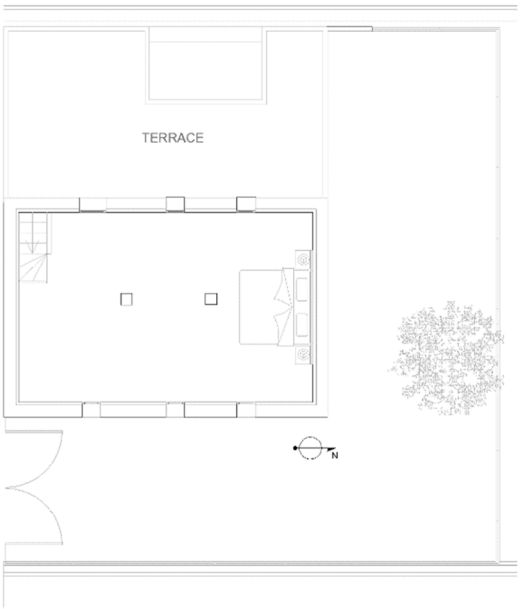


Figura 9. Esquema de distribución de Planta Bajo Cubierta después de la rehabilitación.

PABELLÓN POLIDEPORTIVO FOLGUEROLES

Resumen Proyecto: El proyecto que presentamos es un edificio de obra nueva, uso terciario y de propiedad municipal, un polideportivo especializado para hockey y escalada indoor. Ha sido diseñado con sistemas activos y pasivos de ahorro energético en la composición arquitectónica, con certificación energética A y emisiones Zero. La clave del proyecto ha sido aprovechar energía solar mediante una cubierta fotovoltaica de 70 kWp y diseñar las instalaciones con sistemas eléctricos de alto rendimiento, fantástico. El proyecto que les presentamos ha significado un cambio en la filosofía de nuestro equipo, hemos descubierto la estética de la eficiencia energética: la hemos parametrizado y evaluado para conseguir un edificio viable económicamente; con una inversión en construcción inicial estimada en 630 €/m^2 y sin coste eléctrico garantizado 25 años.

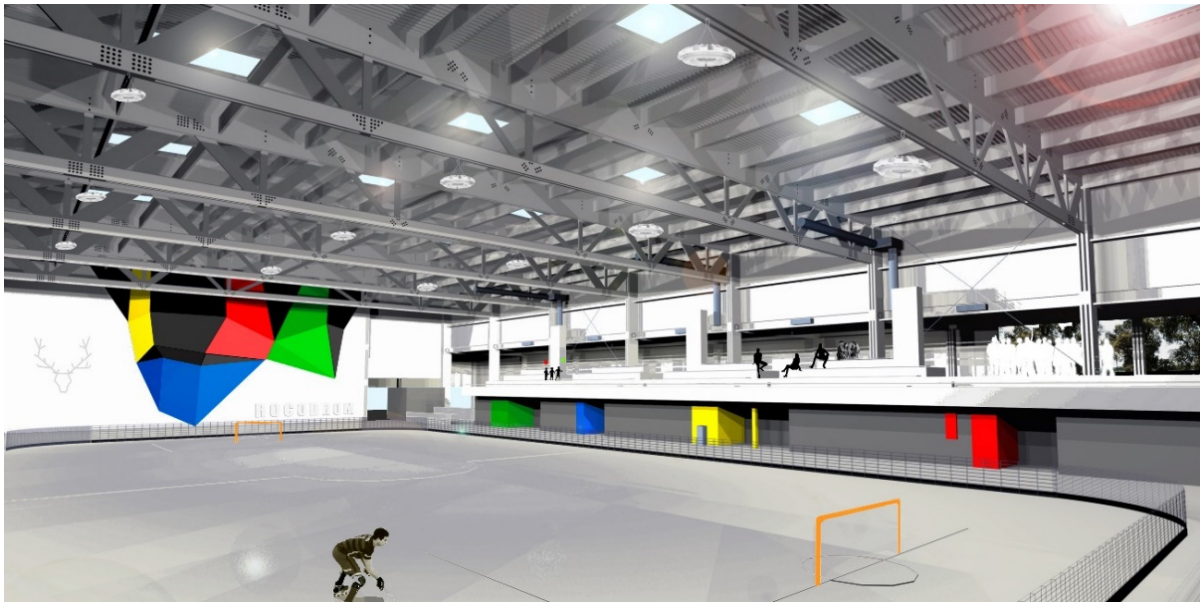


Figura 1. Render de la pista con el rocódromo y gradas al fondo.

DATOS GENERALES PROYECTO	
Emplazamiento:	FOLGUEROLES
Uso Característico Edificio:	DEPORTIVO
Zona Climática:	D1
Obra Nueva / Rehabilitación:	OBRA NUEVA
Superficie Total Construida:	3000 m^2
Fase del Proyecto:	PROYECTO EJECUTIVO

MEMORIA DESCRIPTIVA

Agentes del Proyecto

- Promotor: AYUNTAMIENTO DE FOLGUEROLES
- Arquitecto: JONATAN DOMENECH ARBOLEDA
- Dirección Obra: Ingeniería: ARBOLEDA INTELLIGENCE S.L.

Antecedentes

El pabellón de Folgueroles nace de una necesidad municipal, el equipamiento existente no cumplía las necesidades del pueblo y el ayuntamiento decidió hacer un polideportivo nuevo. Se publicó concurso de licitación y lo ganamos.

Descripción del Proyecto

El proyecto parte de la idea de no contaminar durante su vida útil, por ello se define según criterios nZEB (near ZERO EMISSIONS BUILDING), y de ser viable económicamente, con un coste inferior a la mayoría de equipamientos similares (PAV-2). Los elementos clave del proyecto son:

- Edificio de forma compacta y semi-enterrado, con un factor de forma de 1/6. Parámetro que valora la morfología y es la relación entre el sumatorio de las superficies de los cerramientos en contacto con el aire exterior y el volumen que encierran
- Envolvente de baja transmitancia térmica y color blanco
- Huecos orientados a sur y protegidos por sistema de captación solar pasivo
- Inercia térmica con suelo de piedra para almacenar energía de la radiación solar en invierno
- Ventilación transversal natural y free-cooling system
- Estructura de madera KERTO-S
- Lucernarios de alta eficiencia KAPTURE de KINGSPAN
- Sistema de clima de alto rendimiento DAIKIN
- Alicatado vestuarios con antibacteriano BIOSTOP
- Cubierta solar FV de 70 kW.

El programa funcional tiene una superficie total de 3000 m^2:

- Pista hockey de 40 x 20 m
- Pista calentamiento 15 x 20 m
- Gradas (200 espectadores)
- Vestuarios generales (4 unidades)
- Enfermería
- Vestuarios Árbitros (2 unidades)
- Almacenes de material (3 unidades)
- Sala polivalente de 20 x 10m.

Prestaciones del Edificio

La prestación principal es albergar los jóvenes jugadores de hockey cada día después del colegio para entrenar y los fines de semana competir. El edificio ofrece confort y calidad. Otra prestación es la de central eléctrica. Actualmente la ley permite el autoconsumo compartido, en gran terciario se deben unificar las fincas para igualar los 14 primeros números de la referencia catastral, y es lo que hacemos: DISTRICT-ENERGY. Los vecinos de Folgueroles podrán conectar eléctricamente otros edificios al polideportivo, generar agua caliente municipal (DISTRICT-HEATING) y ofrecer conexión eléctrica gratuita para los coches del aparcamiento.

MEMORIA CONSTRUCTIVA

Sustentación del Edificio y Sistema Estructural

El sistema estructural se ha diseñado con un zócalo de contención mediante muro de hormigón armado y pórticos de madera micro laminada LVL KERTO-S de 30 metros de luz.

Sistemas de Envolventes y Acabados

La envolvente se compone de un panel prefabricado sándwich THERMOCHIP de 15 cm de espesor y una chapa metálica exterior tipo GIZA de Euro perfil. La cubierta se diseña con sistema Deck con aislamiento PIR de 15 cm de espesor. Consiguiendo una transmitancia térmica de 0,15W/m^2K para la envolvente.

La evolución de este proyecto es el nuevo polideportivo de Sant Fruitós de Bages, en el cuál hemos mejorado la transmitancia térmica del conjunto con el sistema QUADCORE de Kingspan, con transmitancia térmica de 0,12 W/m^2K en 15 cm de espesor de panel prefabricado.

Sistemas de Acondicionamiento e Instalaciones

Sistema basado en diseño ecológico (2009/125/EC) con alto rendimiento estacional y eléctrico para aprovechar.

Calefacción y refrigeración

Bomba de calor eléctrica con fase de expansión A+++ de la marca DAIKIN, modelo TXZ35N de la serie URURU-SARARA, gas respetuoso con la capa de ozono R32. Rendimiento SEER DE 9,00 y SCOP 5,73.

Producción ACS

Sistema Hidrobox de DAIKIN para producción de ACS con unidad interior condensadora, permitiendo temperatura del agua de hasta 80ºC para evitar legionelosi, y unidad exterior VRV IV REYQ10T con rendimiento SEER en calefacción continua de 7,77. El agua se caliente en horas de producción eléctrica FV y se almacena en depósitos de agua acumuladores de inercia.

Ventilación

Mantenemos la calidad del aire por medio de un sistema modulante en función de la ocupación que dispone de los siguientes grupos:

- Renovación de aire con recuperadores de calor entálpicos DAIKIN modelo VAM2000J, con filtro F7 y capacidad global de hasta 6000 m3/h.
- Sistema de ventilación transversal mecánica en la parte superior de la pista, a la altura de la viga Pratt, hasta 21000 m3/h.
- Ventilación mecánica "tipo shunt" a los vestuarios, duchas y servicios y con 12 renovaciones por hora.
- Sistema desestratificante térmico con ventiladores helicoidales.

Claraboya

La claraboya Day-Lite Kapture tiene miles de prismas pequeños, unos 370 por metro cuadrado. Los prismas refractan directamente la luz del sol en miles de rayos de luz micro. Como resultado se obtiene luz suave pero brillante, que se transmite directamente al interior.

Iluminación

Iluminación de Carandini, CityMAX y Serie HAL, es una luminaria que incorpora la tecnología PrismaLED que ofrece un efecto intensamente luminoso, controlando de manera precisa el rendimiento de los LED mientras reduce el deslumbramiento.

Pista: Modelo HALOPRISM -HALM5548.ED. 410 W. 56177 lm 4000 K.

- Fuente de luz
    - Utiliza la última generación de LEDs de alto rendimiento y eficiencia.

  - Ofrece una gran uniformidad y prolonga la vida útil de la luminaria.

- Control térmico LED
  - Disipación de la temperatura por los 3 principios de transferencia de calor; conducción, convección y radiación a través de las aletas del perfil de la estructura.
  - El equipo se encuentra ventilado debido a la convección natural.

- Control de la luz
  - A través de equipos programables con regulación por pasos, en cabecera y protocolo DALI y 1-10V, se gestiona la iluminación de forma más eficiente, minimizando el consumo y maximizando el rendimiento.
  - Este control es una pieza clave de la eficiencia energética de la luminaria.

Automatización y Control

Sistema de control de clima central gestionado con una “Tablet" por WIFI. La aplicación Online Daikin puede controlar el estado de hasta 50 unidades de aire acondicionado y permite:

- la supervisión del estado del dispositivo
- consultar gráficos de consumo de energía
- configuración de temperatura, velocidad del ventilador y función de filtración (streamer)
- control remoto de la unidad
- crear agrupaciones y gestionarlas de forma independiente
- calendario de programación semanal y de fines de semana

Sistema de control de iluminación con Protocolo DALI

Control de la calidad del aire mediante detectores de CO2 con protocolo de activación modular y sectorizado en función de la lectura.

Energías Renovables in situ

Hemos diseñado una cubierta solar fotovoltaica de 70 kWp capaces de generar 93 MWh/año con garantía de rendimiento superior al 90% durante 25 años.

SOLAR FV	
IRRADIACIÓN SOLAR	13.114 kJ/m^2·año
POTENCIA PROYECTO (kWn)	**70 kW**
POTENCIA Y NUMERO DE MÓDULOS	275 W x 16 MÓDULOS x 12 STRINGS 275 W x 13 MÓDULOS x 6 STRINGS
POTENCIA Y NUMERO DE INVERSORES	50 kWn + 20 kWn INVERSOR SMA
PRODUCCIÓN ANUAL ESTIMADA	93 MWh

El almacenamiento de energía eléctrica con baterías no es viable económicamente todavía, no obstante, es la mejor opción en pública concurrencia donde debemos diseñar una fuente alternativa de reserva del 25%. En el polideportivo de Folgueroles hemos diseñado un sistema de Baterías con capacidad de 27,2 kWh para reserva y backup: recargamos durante el día con solar FV y disponemos de energía en caso de corte de suministro o podemos encender las luminarias LED durante la noche.

PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

El presupuesto PEC (sin IVA) es de cerca de 2M€.

Según la hoja técnica 28 de equipamientos deportivos del Servicio de Equipamientos Deportivos, el coste medio por m2 de un polideportivo PAV-2 era de 616,36 €/m2 en el año 2002. Vemos que el diseño óptimo y tecnológico del

proyecto que presentamos en 2018 tiene un coste similar al de hace 16 años, incluyendo su propia central eléctrica. Los factores principales son:

- Diseño inteligente
- elementos prefabricados
- la caída del 87,5 % del precio de los módulos solares FV.

CUMPLIMIENTO DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

El edificio ha obtenido certificación energética A+++, calculado con HULC-CALENER GT, software oficial y recomendado por el Ministerio.

INDICADORES	
Consumo Energía Primaria no renovable:	0.00 kWh/m^2·año
Demanda Calefacción:	2.41 kWh/m^2·año
Demanda Refrigeración:	0.08 kWh/m^2·año
Aporte Renovables:	100%
Emisiones CO2 Edificio:	0 kg CO_2/m^2·año

CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS Y AMBIENTALES

El diseño se ha basado en la normativa europea nZEB aplicando los factores clave que definen la excelencia en eficiencia energética, y el resultado ha sido ZERO EMISSIONS. Los parámetros que no se ha definido todavía en la certificación NZEB de otros países y/o aquellos mejor definidos en otra certificación, como los niveles de iluminación natural en zonas deportivas y de trabajo, se han diseñado a partir de la certificación LEAD y BREEAM.

IMÁGENES PROYECTO

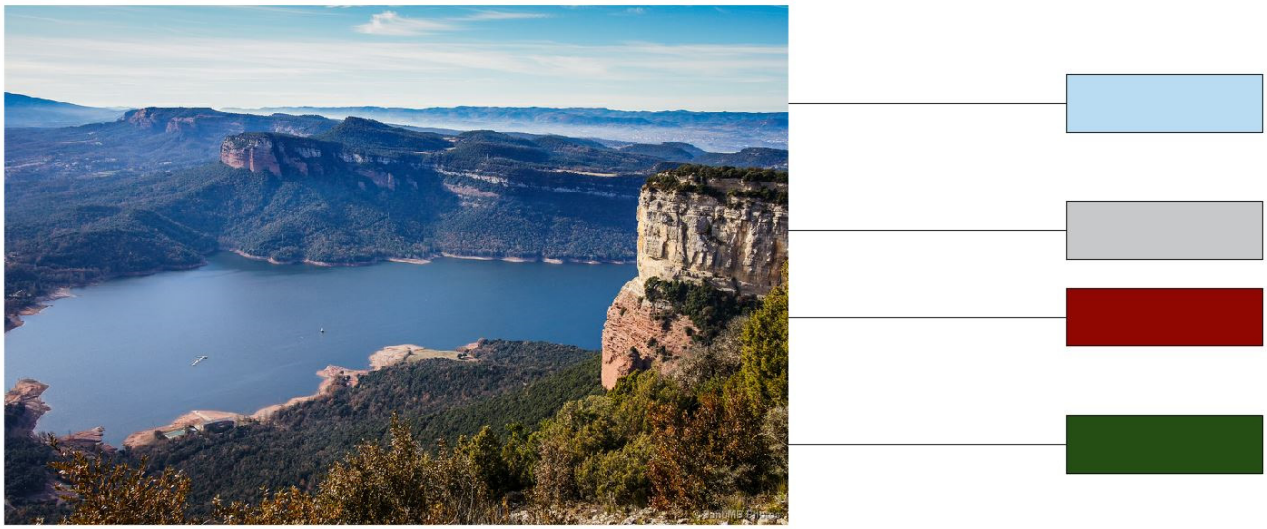


Figura 2. Entorno natural del emplazamiento.

Figura 3. Imagen exterior de la entrada principal.

Figura 4. Imagen desde la grada.

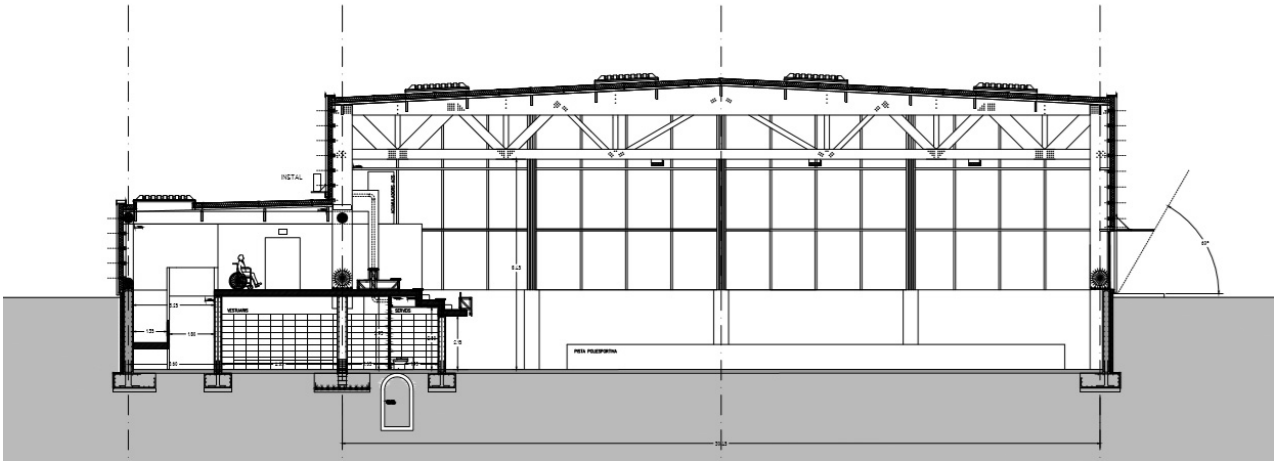


Figura 5. Sección.

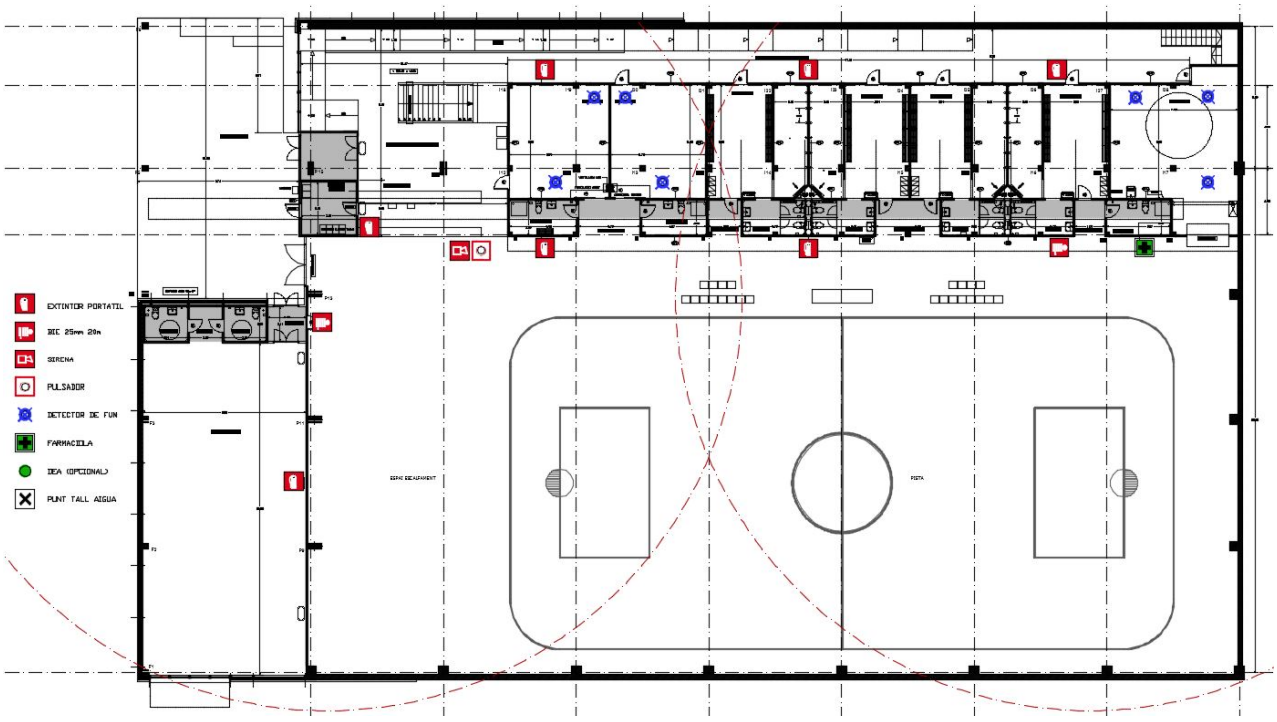


Figura 6. Planta pista.

Figura 7. Imagen zona público y bar.

REHABILITACIÓN TIPO ENERPHIT DE UN COLEGIO PÚBLICO “EL GARROFER”: RÚSTICO Y RESISTENTE

Resumen Proyecto: La rehabilitación energética de “El Garrofer” se lleva a cabo siguiendo las estrategias más comunes del sello Passivhaus/ EnerPhit y adaptándose a un marco económico ajustado del promotor. Junto con la redacción del proyecto de arquitectura, el ayuntamiento de Viladecans encarga una auditoría de certificación “EnerPhit”, que empieza en la fase de proyecto, y que acompaña la fase de ejecución de obra. La intención del ayuntamiento es conseguir el certificado EnerPhit como parte de sus compromisos de política de sostenibilidad medioambiental. El eje principal de las actuaciones energéticas es la herramienta de cálculo PHPP, basada en la UNE-13790 y que aglutina todos los criterios del sello EnerPhit. Para recordar, se trata de limitar la demanda de calefacción y refrigeración en un valor máximo de 15 + 15 kWh/m2a, la energía primaria (fuentes no renovables) en un valor de 100kWhep/m2a, y de limitar las infiltraciones de aire n50 max 1/h. Los valores de la demanda energética se calculan con 20 grados centígrados en invierno y 25 grados centígrados en verano de temperatura interior. El equipo redactor de proyecto ha intentado, a pesar del enfoque energético de la intervención, desarrollar una arquitectura adaptada a la escala del ser humano, con una estética decente y alegre.

Figura 1. Vista general El Garrofer.

DATOS GENERALES PROYECTO	
Emplazamiento:	08840 Viladecans C/Dos de Mayo 39
Uso Característico Edificio:	Colegio público
Zona Climática:	Cálido
Obra Nueva / Rehabilitación:	Rehabilitación
Superficie Total Construida:	3.023 m2
Fase del Proyecto:	Fecha fin de obra: 12/9/2018
Otros:	Actualmente en fase de auditoría de certificación EnerPhit con el Passivhaus Institut

MEMORIA DESCRIPTIVA

Para alcanzar el nivel energético EECN establecido por el ayuntamiento de Viladecans, los redactores del proyecto proponen actuaciones que se centran en la parte pasiva del edificio, optando por el sello EnerPhit como guión de fondo.

Los retos principales de este proyecto son: la limitación presupuestaria, la limitación del tiempo de ejecución, y la escasez del espacio disponible para el sistema de la ventilación mecánica controlada.

Agentes del Proyecto

- Promotor: Ayuntamiento de Viladecans
- Proyectistas: Energiehaus Arquitectos con Berta Pujol
- Dirección Obra: Xavier Tragant y José Luis Montero (Vimed)
- Otros Agentes: Passivhaus Institut – entidad certificadora

Antecedentes

El proyecto de la rehabilitación energética del colegio "El Garrofer" de Viladecans nace de una auditoría energética de edificios de uso escolares, encargada por el Área Metropolitana de Barcelona. En este estudio se analizan los consumos energéticos de varios colegios y se monitoriza la calidad del aire (concentración de CO2 en ppm) de dichos edificios. Estas mediciones de CO2 realizadas durante el estudio dan resultados con picos de concentración superiores a 3.500 ppm, muy por encima de los niveles recomendados para escuelas. Debido a los malos resultados obtenidos de la auditoría, el ayuntamiento de Viladecans encarga un proyecto de rehabilitación energética de uno de los colegios analizados. El equipo redactor del proyecto (Energiehaus Arquitectos en colaboración con Berta Pujol Guerrero) plantea dos opciones de rehabilitación energética: la primera siguiendo los criterios establecidos en el CTE (calificación energética B) y la segunda siguiendo los criterios de rehabilitación energética según el estándar Passivhaus (EnerPHit). Las conclusiones de esta comparativa fueron que el potencial de ahorro energético (ciclo de vida 40 años) siguiendo las directrices de rehabilitación EnerPHit, resultaban económicamente viables con respecto a la rehabilitación según CTE. En verano del 2018 se ejecuta dicho proyecto, enmarcado por una auditoría de certificación, llevada a cabo por parte del Passivhaus Institut.

Descripción del Proyecto

El proyecto de la rehabilitación se centra en las siguientes estrategias:

- Optimización del balance energético de las ventanas: Se cambian las ventanas existentes (perfiles originales de los años 70 de hierro con cristales simples) por ventanas de PVC de muy alta calidad, con una Uf 1,0 W/m2k (certificadas Passivhaus). Se opta por cristales dobles bajo emisivos, con una Ug 1,0 W/m2k, con un factor solar del 40% y espaciadores de plástico. Se optimiza el detalle constructivo para minimizar los puentes térmicos de instalación de la ventana, sobreaislando los marcos y quitando las cajas de persiana existentes, instalando nuevos screens por el exterior.
- Optimización del asilamiento de la envolvente térmica: Se instala un sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE) de 10 cm de espesor en fachada y una nueva cubierta con paneles aislantes de 15 cm de espesor. Debido a la limitación del presupuesto y del complejo planning de la obra, se renuncia a instalar aislamiento térmico en el suelo de la planta baja. Según los cálculos del PHPP, se comprueba que la posible mejora energética de este aislamiento es relativamente reducido en el clima de Viladecans (litoral mediterráneo).
- Definición de una capa hermética al paso de aire: Se opta por aplicar una capa nueva de hermeticidad al paso de aire mediante una pintura plastificante, que se aplica entre la pared exterior y el nuevo aislamiento tipo SATE. Se comprueba la ausencia de condensaciones intersticiales de dicha pintura (valor sd aproximado de 80 metros). Se colocan cintas especiales para garantizar la hermeticidad entre ventanas y hueco de obra. Se instala una membrana tipo freno de vapor hermética al aire en la cubierta, y se prevé realización de ensayos de Blowerdoor en la fase de obra, siguiendo la norma UNE-13829.
- Optimización de los puentes térmicos: Todos los detalles constructivos se simulan con la herramienta Flixo (UNE 10211) y se optimizan para reducir al máximo las pérdidas energéticas y eliminar la posibilidad de formación de

patologías asociadas. Se reduce el puente térmico más relevante entre frente de forjado y pared exterior, mediante la aplicación del aislamiento térmico por el exterior. El valor PSI pasa de 0,47 W/mk a 0,01 W/mk.
- Instalación de un sistema de ventilación de doble flujo con recuperación de calor de muy alta eficiencia con certificado Passivhaus. De este modo, se reducen no solo las pérdidas energéticas por ventilación (caudales importantes debido a la tipología de uso), sino se garantizan consumos eléctricos muy reducidos de los ventiladores. Debido a la limitación del presupuesto, se opta por un sistema compacto de distribución de aire, reduciendo la red de extracción utilizando los pasillos como un gran plenum de aire. Se instalan difusores textiles en las aulas, de fácil mantenimiento y con buenas características de difusión de aire (evitando disconfort con bajas velocidad de aire de admisión).
- Planteamiento de un escenario de ventilación nocturna y elementos de protección solar para reducir el sobrecalentamiento durante los meses más próximos al verano: La protección solar se hace mediante lamas metálicas fijas y combinadas con screens para oscurecer las aulas por necesidades didácticos.
- Optimización de la iluminación artificial de las aulas: Se cambian los fluorescentes existentes mediantes lámparas LED de alta eficiencia.

Prestaciones del Edificio

Se listan a continuación los resultados obtenidos después de la simulación energética con PHPP:
- Demanda de calefacción: 13,9 kWh/m²a
- Frecuencia de sobrecalentamiento (26 ºC): 7,2 % (no incluye los meses de julio y agosto)
- Demanda de energía primaria: 86 kWh-ep/m²a

Queda pendiente comprobar los resultados teóricos de cálculo, una vez calibrado el funcionamiento del edificio. Está pendiente hacer un seguimiento de los consumos y la calidad ambiental del edificio.

MEMORIA CONSTRUCTIVA

Sustentación del Edificio y Sistema Estructural

El edificio tiene un sistema estructural de pilares de hormigón, que sostienen unos forjados unidireccionales con bóvedas de bloques de cemento. La cubierta es de dos aguas de estructura metálica. La rehabilitación energética no interfería en el sistema constructivo del edificio.

Sistemas de Envolventes y Acabados

Las paredes exteriores son de doble hoja con cámara de aire, obra vista por el exterior y paneles prefabricados de yeso por el interior. Las ventanas eran de perfiles de hierro sencillos, con cristales simples. El edificio en su estado inicial carecía de aislamiento térmico.

Sistemas de Acondicionamiento e Instalaciones

Calefacción

La calefacción del edificio se hace a través de una caldera de gas que se instaló recientemente (antes de la rehabilitación energética). Sirve a unos radiadores de hierro. Este sistema seguirá suministrando el calor después de la rehabilitación, pero con una intensidad mucho menor.

Refrigeración

No existe suministro de aire frio para el edificio. Para la certificación final EnerPhit del edificio, se exige un sistema de refrigeración activo, ya que, para el clima de Viladecans, el enfriamiento pasivo (free-cooling por las noches) no suficiente como para satisfacer el nivel de confort exigido por el estándar EnerPhit. La instalación de un sistema de refrigeración se realizará en una fase futura para el edificio. Por eso, se sigue un protocolo de certificación “paso a paso”.

Ventilación

Se ventilará el edificio a través del sistema de ventilación controlada durante la ocupación del edificio, siendo también posible ventilar a través de las ventanas en épocas intermedias del año. En época de calor, se plantea establecer un sistema de ventilación adicional nocturna.

Iluminación

Se han cambiado todas las iluminarias del edificio, cambiando los fluorescentes convencionales con lámparas de LEDs.

Automatización y Control

La calefacción se controlará a través de termostatos descentralizados. La ventilación mecánica trabajará con sensores de presencia en las aulas (opción más sencilla y de menor mantenimiento), y sensores de CO2 en los locales administrativos.

Energías Renovables in situ o en el entorno

Por limitación de presupuesto, no se ha podido instalar un sistema de generación de energías renovables.

PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

El presupuesto de proyecto ha sido 778.000€ (sin el IVA). Eso supone un coste de la rehabilitación de 257€ por metro cuadrado (3023 m2 sup construida). Para estudiar la viabilidad del proyecto, se ha comparado la intervención realizada con una solución que cumple juste los criterios del Código Técnico. El sobrecoste de la rehabilitación EnerPhit respecto al Código Técnico se elevó a un 13%. El tiempo de amortización de este sobrecoste para el clima de Viladecans/ Barcelona se calculó en 13 años. El ahorro total en 20 años respecto a la variante CTE, incluyendo el coste de ejecución de la obra (sobrecoste del 13%), es aproximadamente de 200.000€ (sin IVA).

CUMPLIMIENTO DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

Con fecha de esta publicación, aún no estaba terminado el proceso de certificación energética del edificio rehabilitado. A continuación se listan los indicadores del edificio antes de empezar las obras:

INDICADORES EDIFICIO ANTES DE LAS REFORMAS	
Consumo Energía Primaria no renovable:	395 kWh/m2a
Demanda Calefacción:	151 kWh/m2a
Demanda Refrigeración:	27 kWh/m2a
Aporte Renovables:	0 kWh/m2a
Emisiones CO2 Edificio:	78 kgCO2/m2a
Otros (indicar):	Letra D

CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS Y AMBIENTALES

El edificio está en proceso de certificación EnerPhit, tal como se describe en los párrafos anteriores.

RESUMEN

Wikipedia para el Garrofer, en castellano algarrobo: “El algarrobo (ECCN) es una especie de gran rusticidad y resistencia a la sequía, pero es de un desarrollo lento y solo comienza a fructificar después de unos siete a diez años desde la plantación”.

El ejercicio de la rehabilitación del Garrofer conlleva dos retos principales: limitación del presupuesto de obra, y ejecución en un tiempo muy limitados: los meses de verano, cuando el colegio está cerrado por vacaciones escolares.

Debido al corto plazo de ejecución, se opta por una adjudicación del contratista con tiempo suficiente para poder organizar los ensayos previos necesarios y asegurar así la viabilidad de las soluciones proyectadas. De este modo, se establece además una previsión de tiempo suficiente para encargar las carpinterías y las máquinas de ventilación, siendo ambos productos “no estándar” en el mercado español. Estos retos se han podido cumplir salvo algunas sorpresas y contratiempos difícilmente controlables, como por ejemplo la aparición de vigas estructurales en los forjados, que obligaban a cambiar parcialmente el proyecto de ventilación, o bien las lluvias torrenciales de final de verano, que intervenían en el planning de la ejecución del SATE exterior.

La obra presentada demuestra que es viable llevar a cabo obras de rehabilitación del tipo ECCN con presupuestos limitados, siempre suponiendo una buena preparación de los intervinientes en este tipo de actuaciones.

IMÁGENES PROYECTO

Figura 2. Vista durante la ejecución de obra: Porches de entrada existentes no formaban parte de la intervención.

Figura 3. Aberturas interiores: para poder instalar las máquinas de ventilación, se han tenido que ensanchar provisionalmente puertas interiores.

Figura 4. Hermeticidad al aire: Se ha aplicado sobre la piel existente exterior una pintura hermética al aire.

Figura 5. VMC: Instalando la máquina de ventilación en un pasillo existente.

Figura 6. Toque de color: difusores textiles mejoran la mezcla de aire en las aulas. Se evita molestia de corrientes de aire.

NZEB LEPANTO 253

Resumen Proyecto: El presente proyecto representa un caso real de un edificio plurifamiliar de 10 viviendas, situado en un entorno urbano consolidado que combina vida, trabajo e interacción con el barrio con un intercambio sinérgico de energía. El edificio consigue el objetivo NZEB (Net Zero Energy Building) a través de la reducción de la demanda con un diseño arquitectónico eficiente, acompañado por simulaciones energéticas dinámicas en función de los estándares de confort adaptativo dinámico, que permiten además tener en cuenta fenómenos determinantes como la ventilación natural y la inercia térmica. El consumo de refrigeración calefacción y ACS se cubre con un sistema de producción y almacenamiento de energía fotovoltaica de 5,88kWp y 3 baterías. El entorno urbano consolidado condiciona significativamente el proyecto y evidencia un aspecto frecuente en el momento de ponerse como objetivo el estándar de edificios nZEB en las ciudades. Este caso puede servir como referencia tanto en proyectos de nueva edificación como en proyectos de rehabilitación energética en línea con el objetivo a medio corto plazo de la Directiva Europea. El proyecto persigue la reducción de impacto ambiental en su ciclo de vida con un objetivo de mejora de más del 60% en base a la certificación VERDE. El resultado es un edificio con un coste de construcción igual o menor a un edificio de referencia del mismo tipo, que alcanza valores de sostenibilidad y consumo energético de excelencia, demostrando las grandes posibilidades reales para el sector de la construcción en el momento que la sostenibilidad se plantea desde el principio como elemento vertebrador del desarrollo arquitectónico.

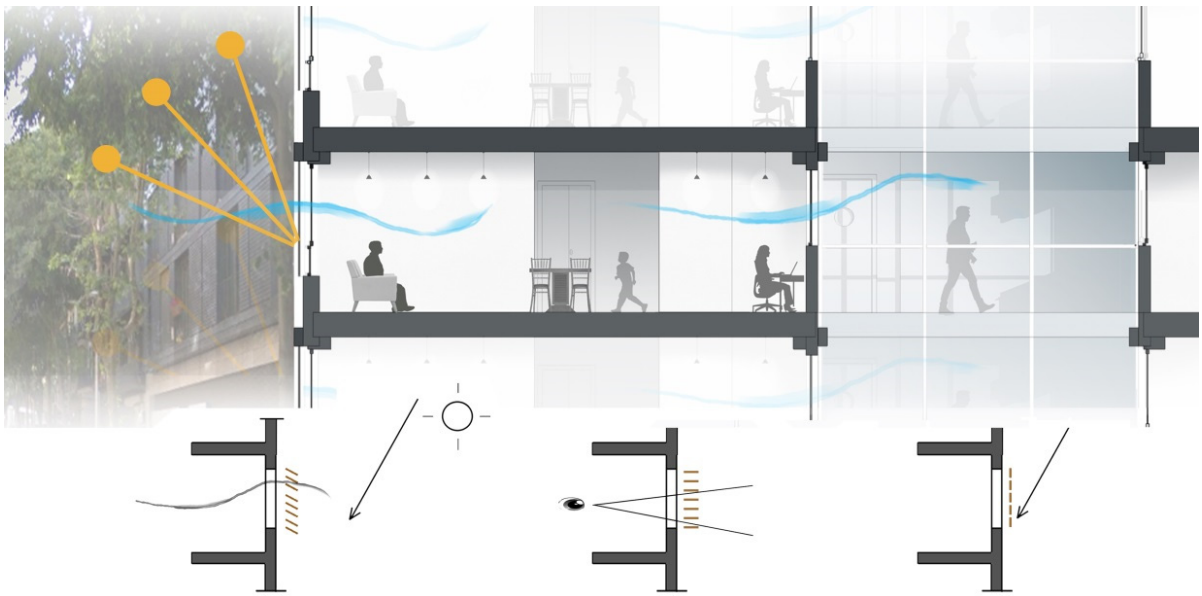


Figura 1. Sección y esquemas bioclimáticos principales.

DATOS GENERALES PROYECTO	
Emplazamiento:	Calle Lepanto 253, Distrito de Eixample, Barcelona.
Uso Característico Edificio:	Residencial/Coworking
Zona Climática:	C2
Obra Nueva / Rehabilitación:	Obra Nueva
Superficie Total Construida:	916 m^2
Fase del Proyecto:	En fase de Obra

MEMORIA DESCRIPTIVA

El edificio cuenta con planta baja y cinco plantas piso, una planta de acceso a la cubierta y una planta sótano. El solar se encuentra dentro del ámbito del conjunto especial del Eixample y linda con una cara a la calle Lepanto a lado de la Sagrada Familia, en una isla de manzana consolidada. La parcela es de forma irregular y está orientada en sus lados largos a noroeste y sureste. En las parcelas colindantes se encuentran actualmente edificaciones existentes consolidadas. Se proyecta un edificio con alineación al vial. La planta del edificio es irregular y no ocupa la totalidad de la profundidad edificable (25.50m) retirándose aproximadamente 3,00 metros del límite del solar. Las dimensiones del edificio son de 6,64 metros de fachada a la calle Lepanto y 5,02 metros de fachada interior y una profundidad en el punto medio de 22,70 metros.

Las cinco plantas piso cuentan con dos viviendas en cada planta. En la cubierta se dispone la zona de lavado y de secado natural de uso común para todas las viviendas y las instalaciones del edifico. Además, la cubierta cuenta con una parte ajardinada y un espacio común de calidad para todos los vecinos.

La planta baja y el altillo forman una unidad funcional y se destinan a un coworking con uso preferencial de los inquilinos, proponiendo un formato innovador de vivienda/trabajo. En la planta sótano, a parte de la zona del local, se disponen los trasteros para las viviendas, con un espacio destinado al aparcamiento de bici, una zona comunitaria/almacén, el espacio de previsión de basuras y una zona de instalaciones. Se ha desestimado el uso de aparcamiento debido a la reducida anchura de la parcela.

Agentes del Proyecto

- Promotor: Promotor privado
- Proyectistas: Pich architects | Pich-Aguilera
- Dirección Obra: Pich architects | Pich-Aguilera
- Ingenieria: Mafo – Imogep

Antecedentes

El proyecto se concibe en un momento de transición entre la salida de la crisis económica y una nueva perspectiva de un futuro de edificios de consumo energético casi nulo. En el momento del desarrollo del proyecto el Código Técnico de la Edificación no define todavía los valores límites que identifican los nZEB por lo tanto se ha optado por apostar por lo máximo alcanzable en función de las condiciones propias del proyecto. El tejido urbano en el cual se asienta el edificio condiciona ineludiblemente las posibilidades del edificio: la exposición hacia el norte de la fachada principal, la fachada sur sombreada por los edificios alrededores del interior de manzana y una parcela alargada entre medianeras, que reduce el potencial de la instalación fotovoltaica. El proyecto de la calle Lepanto 253 responde a estas problemáticas contextuales consiguiendo el objetivo de edificio de energía cero, dentro de los costes actuales del mercado, identificándose como posible referente de modelo constructivo para el contexto urbano de Barcelona.

Descripción del Proyecto

El proyecto representa un ejemplo de regeneración sostenible del entorno urbano consolidado, remplazándose a un edificio obsoleto quedado en desuso. En un contexto en el cual la producción de energía a través de renovables tiene la limitación del entorno y de los edificios colindantes, es fundamental diseñar el proyecto en función de la mínima demanda energética, concibiéndose la arquitectura, desde el principio, como el principal sistema de control climático, antes de cualquier otro sistema activo. Esto se traduce en un diseño centrado en el confort del usuario y su interacción con las variables micro y macro climáticas. La ventilación pasiva y la luz natural determinan las directrices principales del proyecto que se desarrolla alrededor de un patio central con grandes ventanales, garantizando el adecuado nivel de iluminación interior y una ventilación cruzada combinada con las aperturas en fachada y el efecto chimenea del patio. Otro aspecto determinante del control climático pasivo es el aprovechamiento de la inercia térmica de los forjados dejados expuestos para maximizar la interacción de la temperatura radiante superficial y la temperatura del aire. En la superficie del forjado se instala un sistema de calefacción radiante que se combina sinérgicamente con el funcionamiento inercial del cerramiento horizontal. Toda la envolvente, aislada con más de 10cm de lana de roca,

cierra el edificio sin interrupción de continuidad evitando cualquier tipo de puente térmico. Todas las ventas prevén un sistema de protección solar exterior replegable y orientable que modula la entrada del sol y de la luz natural de forma óptima durante todo el año.

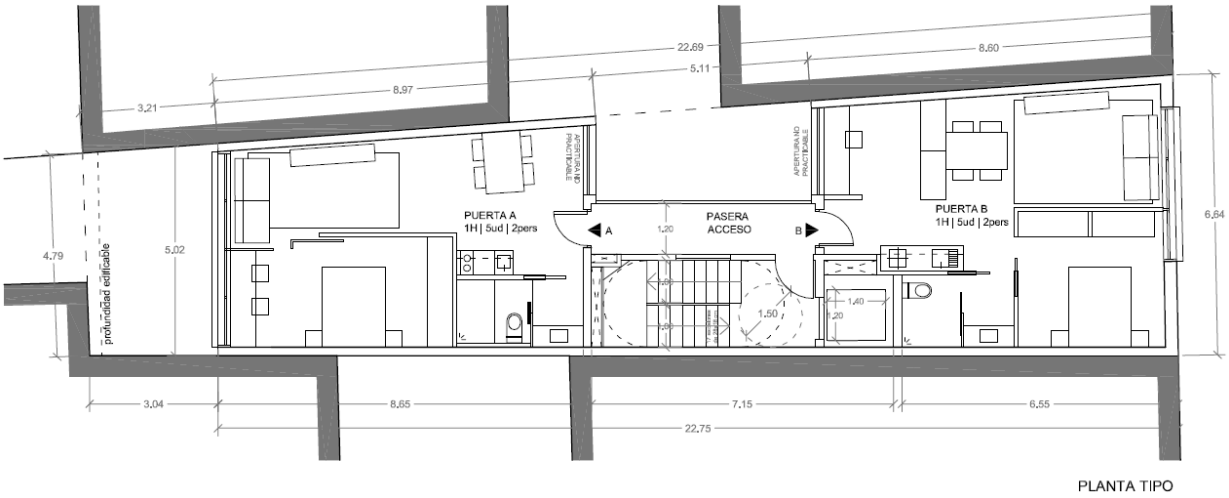


Figura 2. Planta tipo.

La voluntad de interpretar el edifico como un sistema termodinámico equiparable a una instalación térmica requiere analizar su funcionamiento a través de simulaciones energéticas dinámicas capaces de estimar la respuesta climática de los espacios interiores y las condiciones de confort en cada momento del año. A través de los análisis realizados con el software Energy Plus se pudo estudiar la interacción entre las distintas estrategias bioclimáticas y el edificio teniendo como parámetro de referencia la percepción de confort del usuario. Este último aspecto se ha analizado de forma dinámica según los estándares de confort adaptativo EN 15251 y los valores de temperatura operativa, humedad, velocidad del aire, tipo de vestimenta e índice metabólico de los usuarios. Considerar el confort de forma detallada, desvinculándose de un único parámetro de temperatura de consigna, es un aspecto que trasladado al diseño arquitectónico se convierte en una herramienta de proyecto determinante. Sin embargo, toda la instalación se ha dimensionado en base al código técnico y los consumos energéticos se han calculado también con la herramienta ministerial HULC. Para la producción de calor y frio se ha escogido un sistema de producción con bomba de calor aerotérmica, que funcionará en combinación con la energía fotovoltaica producida. Es un equipo que dispone de recuperación de calor.

Prestaciones del Edificio

El proyecto arquitectónico se ha diseñado y dimensionado a través de simulaciones dinámicas con Energy Plus. Toda la documentación oficial de proyecto de arquitectura e instalaciones se ha dimensionado respetando la normativa CTE (Código Técnico de la Edificación) y RITE (Reglamento Instalaciones Térmicas en Edificios) utilizando las herramientas ministeriales previstas. Sin embargo, los resultados de simulación dinámica difieren de los datos justificativos de normativa. A continuación, se exponen los resultados obtenidos con las dos metodologías de cálculo. Los consumos considerados son el eléctrico, de calefacción, refrigeración, ventilación mecánica y ACS. Para obtener datos comparables, las condiciones de uso, horario de ocupación y cargas térmicas interiores se han considerado iguales en las dos simulaciones según el Apéndice C del DBHE.

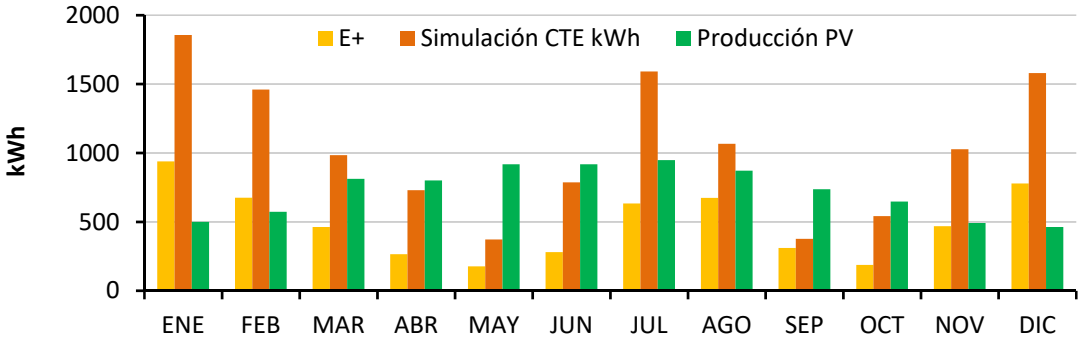


Figura 3. Consumo energético, comparativo entre simulación con energy plus, CTE y producción fotovoltaica.

En base a los consumos estimados a través de la herramienta ministerial resulta un consumo total de 12.368 kWh equivalente a 29 kWh/m2 año. La instalación fotovoltaica tiene una producción potencial de 8.677 kWh de los cuales la mayoría se utilizará directamente y una parte equivalente a 4.133 kWh se almacenará en las baterías para un posterior uso. El consumo final de energía se calcula en 2.540 kWh correspondiente a 6,15 kWh/m2 año.

Los consumos calculados con Energy Plus resultan más bajos. Esto se debe principalmente a la posibilidad de incorporar en la simulación el beneficio de las estrategias bioclimáticas y a una metodología de cálculo más cercana al comportamiento real del edificio y las instalaciones. El consumo total es de 5.848 kWh equivalente a 14 kWh/m2 año. Considerando una producción de 8.677 kWh de fotovoltaica el balance anual del edificio es positivo, produciéndose más energía de la que se consuma. Sin embargo, durante los meses de invierno se seguiría consumiendo más de lo que se produce, concentrándose el surplus de producción en los meses de primavera verano y otoño.

El edificio se ha estudiado desde el punto de vista de las prestaciones bioclimáticas en relación al confort adaptativo del usuario y los parámetros de confort PMV (Predicted Mean Vote) de Fanger. Se han tenido en cuenta como parámetros de análisis la temperatura del aire, la temperatura radiante y la temperatura operativa derivada, el nivel de humedad, la velocidad del aire y el tipo de vestimenta. En un primer análisis se ha analizado la condición de confort con cadencia horaria, sin el aporte de la climatización mecánica, durante todo el año. El análisis horario de temperatura operativa de las viviendas tipo, una orientada a norte y la otra a sur, identifica el porcentaje de tiempo en el cual los usuarios se encontrarían en una situación de confort. En las dos tablas se evidencia como más del 50% de las horas del año se encuentran en una temperatura entre 20º y 26º entre un 7% y 8% se encontrarán en una condición límite de confort adaptativo según norma EN 15251 de 27º y 28ºC y entre un 14% y un 22% del año en una situación límite de frio de entre 17º y 19º, considerando que en esta franja corresponde la mayoría de las horas de noche durante las cuales el requerimiento de temperatura en base al Apéndice C del DBHE es de 17º. En base a los datos analizados las viviendas se encontrarían en una condición de confort un total del 86% de todo el año en los pisos expuestos a sureste y 73% en los pisos expuestos a noroeste.

Piso Tipo Sur-Este				
16º<	17º-19º	20º-26º	27º-28º	29º-30º
1201,5	1939	4902	658	59,5
14%	22%	56%	8%	1%

Tabla I. Horas de confort anual y porcentaje sobre el total de 8760 horas.

Piso Tipo Norte-Oeste				
16º<	17º-19º	20º-26º	27º-28º	29º-30º
2340	1246	4554	592	28
27%	14%	52%	7%	0%

Tabla II. Horas de confort anual y porcentaje sobre el total de 8760 horas.

Estos datos confirman la eficacia del edificio en mantener una condición de confort interior sin la necesidad de un sistema de climatización mecánica en coherencia con un valor reducido de demanda energética y de consumo.

Bajo el aspecto de la iluminación natural, los espacios captan luz natural desde las grandes aperturas en fachada y patio. El confort lumínico se ha simulado con el software Radiance, con el objetivo de conseguir un valor de 2% o mayor de factor de luz diurna en los espacios de estar y comedor. Este valor corresponde al mínimo de confort lumínico en función de la evaluación ambiental VERDE.

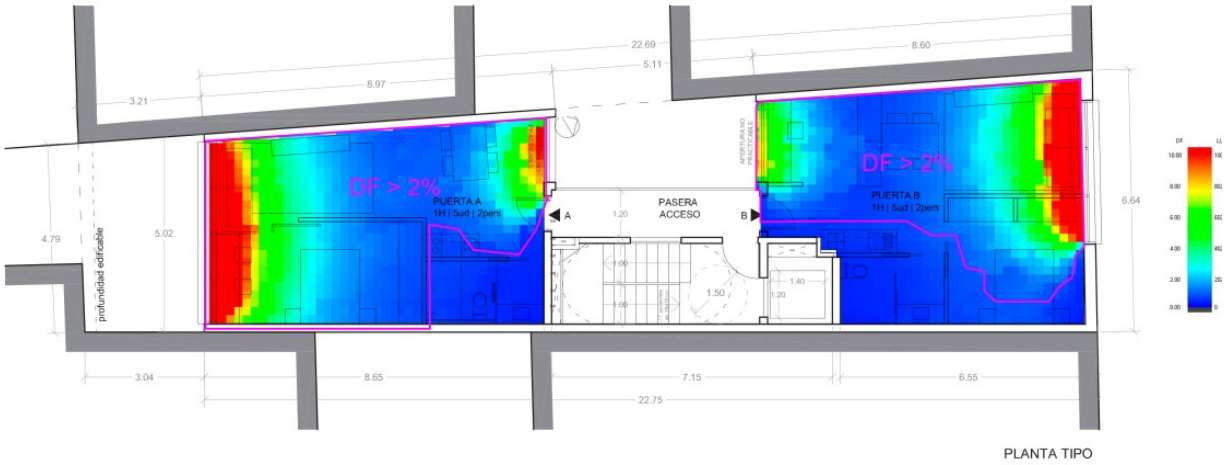


Figura 4. Estudio de iluminación natura – Factor de luz diurna (DF).

Las principales estrategias pasivas se han estudiado y cuantificado en función del potencial de reducción de demanda, definiendo su aportación energética en el balance total del edificio. La inercia térmica de los forjados tiene una aportación potencial en invierno hasta 250 W por vivienda, correspondiente a un valor aproximado de 6 W/m2. La ventilación natural, en verano aporta una reducción de carga térmica de hasta 30 W/m2 y potencial de reducir la demanda de refrigeración de 4 kWh/m2 en el balance energético, valor equivalente al 50% de la demanda de refrigeración.

MEMORIA CONSTRUCTIVA

El sistema constructivo del edificio se realiza en seco a exclusión de la estructura, principalmente por un tema de viabilidad económica y capacidad de operar en la parcela.

Sustentación del Edificio y Sistema Estructural

La estructura consta de planta sótano, planta baja y cinco plantas piso. Será una estructura reticular de pilares con forjados bidireccionales realizada en obra. La estructura sobre rasante está constituida por Sistemas de Envolventes y Acabados

Sistema de envolvente vertical

Fachada de paneles de hormigón industrializado. Aislamiento de lana de roca de 10cm de espesor en la cara interior acabado con un trasdosado de cartón-yeso. El puente térmico entre forjados y paneles está solucionado con un aislamiento de alta densidad. La transmitancia térmica de la fachada será de 0,2 W/m2K. En cuanto a las aperturas, presentarán un despiece combinando con partes fijas y móviles. Las aperturas dispondrán de un sistema de persianas de aluminio que pasará por delante de la ventana y que se recogerá en la parte superior de la apertura.

Sitema de envolvente horizontal

Sistema de cubierta realizada en seco con losas de hormigón con aislamiento incorporado y unas zonas ajardinadas de acabado de tierras vegetales. La cubierta será transitable. La transmitancia térmica de la cubierta será de 0,2 W/m^{2}K

Sistema de carpinterías exteriores: Todas las carpinterías serán con ruptura de puente térmico con cámara de 14mm con una transmitancia de 1,8 W/m^{2}K. El acristalamiento de las ventanas exteriores es de 6mm (3+3) más cámara de aire de 14mm mas 8mm (4+4) Las carpinterías de aluminio tendrán un acabado anodizado y las de acero serán lacadas.

Sistemas de Acondicionamiento e Instalaciones

Calefacción

Para la producción de calor y frio se ha escogido un sistema de producción con bomba aerotérmica, con una potencia calorífica total 25 kW repartida en dos unidades exteriores, que funcionará con la energía fotovoltaica producida. Es un equipo que dispone de recuperación de calor, con una potencia de recuperación de 12,3 kW. Además, la instalación dispone de un depósito de inercia de 2000 litres, en la sala de instalaciones de planta sótano.

La producción de la energía estará centralizada en la sala de instalaciones de cubierta. Desde allí saldrán los tubos hacia los depósitos, situados en planta sótano, y desde allí la distribución hacia a cada vivienda. Se ha previsto la instalación de contadores de energía en cada vivienda y estudio, para poder controlar y facturar los consumos de cada usuario. La distribución se realizará a 2 tubos, se dispondrá de un selector invierno/verano común para producción.

Principalmente la distribución del calor se realizará mediante suelo radiante. El sistema de calefacción mediante suelo radiante es el más parecido a la calefacción ideal. La curva térmica que lo caracteriza demuestra una distribución regular de temperatura con una percepción más inmediata y directa de confort, de tal modo que se puede disminuir la temperatura total con el ahorro que esto conlleva. Un fancoil en la zona del salón comedor apoyará en caso de necesidades puntuales garantizando una respuesta climática rápida. El sistema tiene un rendimiento nominal de 3,4.

Refrigeración

El sistema de refrigeración es el mismo de calefacción con potencia frigorífica total 20 kW y Potencia recuperación total de 24,6 kW para la producción de ACS. Se dispondrá de un fancoil en el salón-comedor para el apoyo en la climatización de la vivienda/estudio. Su principal función será la de aportar frio y deshumidificación en los meses de verano. El sistema tiene un rendimiento nominal de 3,2.

Ventilación

El diseño de la instalación de ventilación de las vivienda y estudios sigue las siguientes características, cumpliendo con les indicaciones del CTE CB HS: Se ha previsto una extracción en el baño y en la cocina y una aportación de aire primario en los dormitorios y el comedor. El funcionamiento del sistema de extracción es tal que solamente se activaran las zonas en las que se requiere una renovación de aire, de modo que en los baños se activará mediante el interruptor del alumbrado y en el comedor mediante un detector de CO2. El sistema de ventilación también será comunitario e incorporará un recuperador de calor con una eficiencia nominal de 74%.

Iluminación

Todas las luminarias serán LED.

Automatización y Control

El edificio dispondrá de un sistema de monitorización y control centralizado conectado a cada vivienda que permitirá un control individualizado de la climatización. Desde el punto de vista de la gestión se dispondrá de contadores de energía que permitirán visualizar: el consumo de los equipos eléctricos de producción, la energía térmica frio/calor. La energía térmica para ACS, la energía térmica frio/calor por cada unidad privativa, con capacidad para entrada auxiliar de impulsos de contaje auxiliar, caudal de agua caliente, con salida de impulsos a integrar al contador de energía térmica. Una central de supervisión, equipada con pantalla táctil y puertos de comunicación vía Ethernet, Wlan, MBus para contadores conectada a un servidor web para poder controlar y actuar a través de los dispositivos móvil.

Energías Renovables in situ o en el entorno

La producción fotovoltaica se realizará mediante 18 paneles orientados hacia el suroeste, en la cubierta del edificio, de 327 W y una eficiencia del 20,1% que suman una potencia de 5,88 kWp y se apoyará a un sistema de 3 baterías de 48 V y una capacidad de 189 Ah cada una.

PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

El coste de construcción material del proyecto se estima por un valor de 772 €/m2 y resulta un 22% más bajo del coste de referencia, estimado por un valor de 996 €/m2. Este aspecto subraya un elemento clave de la construcción sostenible que deja clara la posibilidad de conseguir un edificio NZEB de forma rentable y competitiva en el mercado.

CUMPLIMIENTO DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

El cumplimiento del DB-HE se ha calculado a través de la herramienta ministerial HULC. Estos valores se consideran los oficiales en términos de cumplimiento normativo.

INDICADORES	
Consumo Energía Primaria no renovable:	1,85 kWh/m^2 año
Demanda Calefacción:	8,53 kWh/m^2 año
Demanda Refrigeración:	8,68 kWh/m^2 año
Aporte Renovables:	8667 kWh año
Emisiones CO2 Edificio:	0,31 kgCO2/m^2 año

CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS Y AMBIENTALES

El edificio consigue la certificación energética A de proyecto. La certificación VERDE estudiada a día de hoy cuando el proyecto esté terminado es de 4 hojas debido a las estrategias y simulaciones realizadas, correspondiente a una mejora de impacto ambiental general de más del 60%

Las viviendas están situadas en el ensanche de Barcelona, por este motivo dispone de múltiples sistemas de transporte público y equipamientos cercanos para evitar el uso de coches.

Una de las estrategias utilizadas para aumentar la puntuación de esta certificación es la existencia de una cubierta verde accesible y un muro vertical, la vegetación de los cuales será autóctona y con unas necesidades de riego bajas. Asimismo, el riego de estas se realizará a partir de la recogida y depuración de las aguas grises provenientes de las duchas y grifos. Igual que la obtención del agua para riego es reutilizada, se ha elegido grifería y sanitarios con caudales bajos para el ahorro de agua en el resto del edificio. De esta manera la reducción del impacto ambiental de los recursos naturales disminuye un 52%.

La puntuación de energía y atmósfera se consigue en un 87% consiguiendo reducir las demandas energéticas, gracias a los sistemas constructivos y materiales y la eliminación de puentes térmicos. Además, se prevé la instalación de placas solares en la cubierta.

Gracias a los sistemas constructivos en seco, los materiales con baja emisión de COVs, la protección contra el ruido y la ventilación natural cruzada de todas las viviendas se consiguen en un 70% los créditos de calidad del ambiente interior.

FACHADAS VEGETALES COMBINADAS CON ENERGÍAS RENOVABLES POTENCIAN LA ARQUITECTURA EN EDIFICIO PÚBLICO DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO TESTADO Y EN USO EN MADRID

Resumen Proyecto: Las Energías Renovables y el Diseño Sostenible se pueden utilizar como herramientas eficaces para mejorar la composición y calidad arquitectónica. Con esta idea se ha construido este centro de mayores en Madrid. En él se han reducido las pérdidas de cargas térmicas (por tanto, la energía necesaria para vencerlas) gracias a una última capa exterior de fachada a base de entramado vegetal que además sirve de aislante visual y acústico y proporciona cualidades ambientales. La utilización de sistema de calefacción y refrigeración por suelo radiante reduce la demanda de temperatura del fluido calorífico y por tanto de energia, y permite eliminar falsos techos. La geotermia y placas fotovoltaicas son sus fuentes de energía. Además, se reutiliza el agua de lluvia para el riego de la fachada verde y la urbanización mediante un sistema de drenaje sostenible que recoge y conduce el agua de lluvia caída en superficie a dos aljibes enterrados, desde donde se bombea a la red de riego.

Figura 1. Vista de la fachada norte del edificio (izqda.) fachada sur del edificio (dcha.).

DATOS GENERALES PROYECTO	
Emplazamiento:	Calle Pez Austral nº 6, Retiro, Madrid
Uso Característico Edificio:	Centro de Mayores
Zona Climática:	D2
Obra Nueva / Rehabilitación:	Obra nueva
Superficie Total Construida:	990m2 construidos+ 1039m2 de urbanización
Fase del Proyecto:	Terminado y en uso desde 1 de Marzo de 2018

MEMORIA DESCRIPTIVA

Agentes del Proyecto

- Promotor: Ayuntamiento de Madrid
- Proyectistas: Dña. Carmen Gil Torres (arquitecta)
- Dirección Obra: Dña. Carmen Gil Torres (arquitecta)
- Consultores: D. Francisco Vicente (Ing. De la Edificación) y D. Jesús Villar (Ing. Tac. Industrial).
  D. Daniel Portugal y Dña. Beatriz Mato (empresa constructora)
- Aparejadores: D. Ignacio Nieva, D. Fernando Fernández Molina y Dña. Concepción Frías
- Empresas constructoras: COPCISA y FERROVIAL.
- Control de calidad: INTEMAC.
- Soluciones constructivas: HARITZ, PACADAR, ATLANTIS.

Antecedentes

Se ha construido en Madrid, en el Distrito de Retiro, un edificio municipal de gasto energético casi nulo. Se trata del Centro de Mayores situado en la calle pez Austral 6 en el barrio de la Estrella.

El encargo de este equipamiento que responde a una importante demanda vecinal, Centro de Mayores Municipal, se ubica en un área eminentemente residencial, debiéndose insertar entre dos bloques de vivienda y siendo, en función de las condiciones urbanísticas, las fachadas más largas del edificio proyectado próximas a las viviendas. Por ello se estima necesario diseñar un edificio que evite la contaminación visual, acústica o ambiental con la edificación residencial. Por otra parte, y fundamentalmente, el edificio ha sido proyectado para evitar emisiones contaminantes y minimizar el consumo de energía.

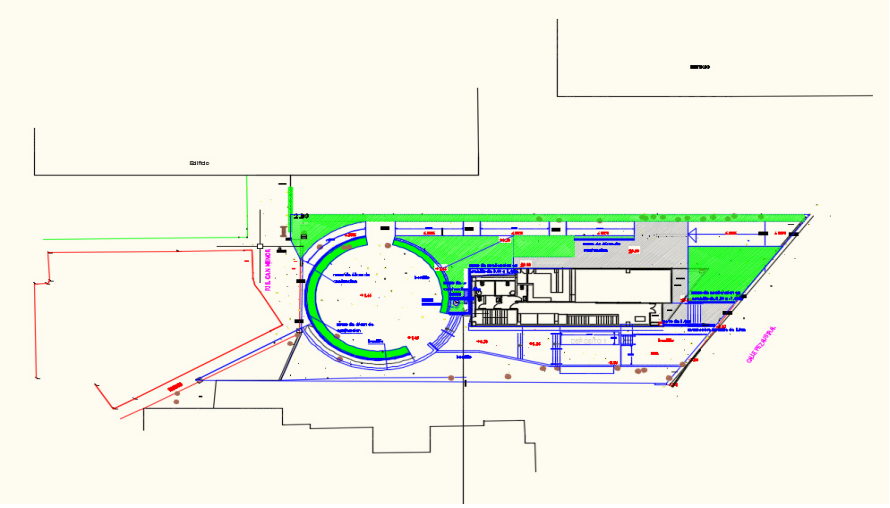


Figura 2. Implantación del edificio y parcela ajardinada.

Descripción del Proyecto

El edificio, tiene una superficie construida total de 990 m2. Su forma es prismática de base romboidal, como consecuencia de unos exigentes condicionantes urbanísticos y se desarrolla en 4 plantas que albergan las estancias necesarias para el desenvolvimiento de actividades de tipo lúdico y educativo destinadas a mayores.

Su ubicación en un área eminentemente residencial ha llevado a diseñar un edificio de imagen no impositiva, cuya presencia física no altere ese carácter privado del área y que evite la conexión visual con las viviendas colindantes. Para ello se ha realizado una fachada de doble hoja en las dos caras laterales, con un recubrimiento vegetal en toda su superficie, que invisibilizan el edificio desde las viviendas próximas, “arquitectura invisible”. Al ser la determinación primera del edificio evitar emisiones contaminantes y minimizar el gasto de energía, se ha procurado: minimizar las pérdidas de energía, reducir la demanda energética e instalar fuentes de energía limpia.

Metodología utilizada

1. Reducir las pérdidas de energía gracias a: Cubierta de doble capa, la primera convencional con aislante térmico y la segunda, separada, a base de paneles fotovoltaicos y entramado vegetal. Fachadas de triple hoja, a base de panel sándwich de hormigón prefabricado con aislante térmico en su interior, cámara de aire en el trasdós, y una última hoja exterior a base de entramado o jardín vegetal.

Figuras 3 y 4. Fachadas de triple hoja.

2. Reducir la demanda energética: Mediante la climatización por suelo radiante y refrigerante, cuya temperatura de fluido es aproximadamente un 40% menor que la requerida para otros sistemas. Apertura de ventanales a fachadas soleadas para captación de energía calorífica en invierno.
3. Instalación de fuentes de energía limpia: Fuente de energía principal: geotermia / Fuente suplementaria de energía: fotovoltaica / Fuente auxiliar de energía: acometida eléctrica convencional.

Por otra parte, la distribución de la red eléctrica interior del edificio, se racionaliza evitando recorridos ocultos e innecesarios, que además dificultan el mantenimiento. En la construcción se ha tenido en cuenta, también, la sencillez y facilidad de mantenimiento del edificio, evitando la implantación de maquinaria sofisticada y realizando un diseño en que los materiales constructivos se muestran vistos como elemento compositivo.

Y buscando también la sostenibilidad en el desarrollo de la obra, a fin de aligerar el proceso de construcción y molestar lo menos posible a la ciudad, se ha construido tanto la estructura como los elementos de cerramiento del edificio, a base de elementos prefabricados de hormigón.

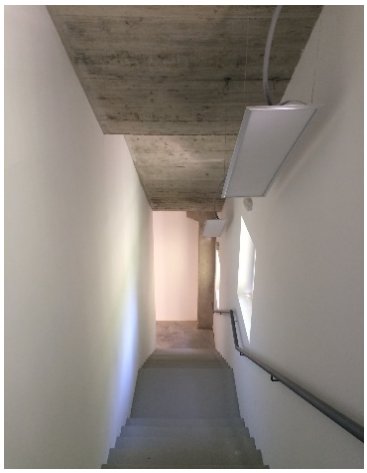


Figura 5. Suelo radiante y refrigerante. Figura 6. Ausencia de falsos techos, materiales constructivos vistos como elemento compositivo, sencillez y facilidad de mantenimiento del edificio.

En cuanto al exterior, el Centro de Mayores se ubica sobre parcela municipal de 1408,75m2, y el tratamiento de esta zona exterior procura, en la misma línea, la mayor sostenibilidad ambiental y económica. Para ello se ha instalado un sistema de drenaje sostenible que permite el reciclado del agua de lluvia caída sobre la totalidad de la parcela y el edificio, que mediante la acumulación en depósitos o aljibes es reutilizada para el riego del jardín y de las fachadas verdes. Con todas estas medidas energéticas combinadas, integradas y aprovechadas para potenciar la arquitectura, se ha conseguido que el edificio sea de Consumo de energía Casi Nulo.

Prestaciones del Edificio

El edificio alberga las estancias necesarias para el desenvolvimiento de actividades de tipo lúdico y educativo destinadas a mayores: sala de lectura, sala de informática, aula de movimiento (gimnasio), 4 aulas para talleres, peluquería, podología, despacho junta de mayores, despacho para trabajadores del centro, y cafetería con terraza y cocina (no industrial), además de los aseos adaptados en cada planta, cuarto de máquinas, etc.

El tratamiento del espacio libre en la parcela procura comunicación y acceso entre diferentes zonas residenciales del Barrio de La Estrella, facilitando además el acceso más cómodo y al mayor número de personas, al centro de mayores. Para ello se proyecta un camino o paso en rampa de 2,80 m. de ancho, desde la calle Pez Austral a pasaje de Can Menor, un acceso al edificio mediante escalera, y otro mediante rampa, una zona plana aterrizada y pavimentada contigua al edificio del Centro de Mayores y otra zona plana accesible con equipamiento para ejercicio de mayores.

MEMORIA CONSTRUCTIVA

Sustentación del Edificio y Sistema Estructural

Sobre una cimentación superficial de hormigón armado constituida mediante zapatas aisladas en el caso de los pilares y zapatas corridas para los muros de contención perimetrales, y atadas mediante una losa en el sótano. La estructura es de hormigón armado prefabricado en su totalidad, mediante pilares prefabricados, vigas con ménsula y placas alveolares apoyadas en la ménsula.

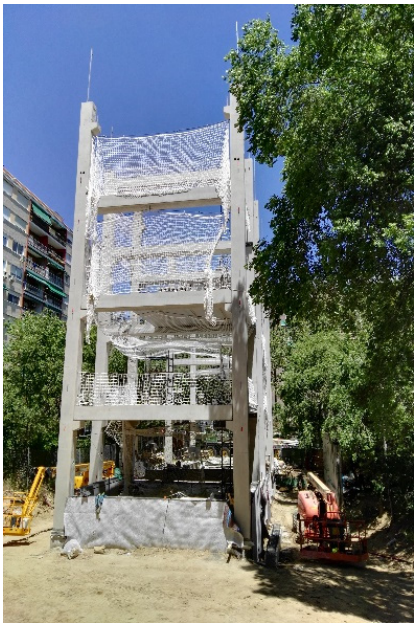


Figura 7. Estructura prefabricada.

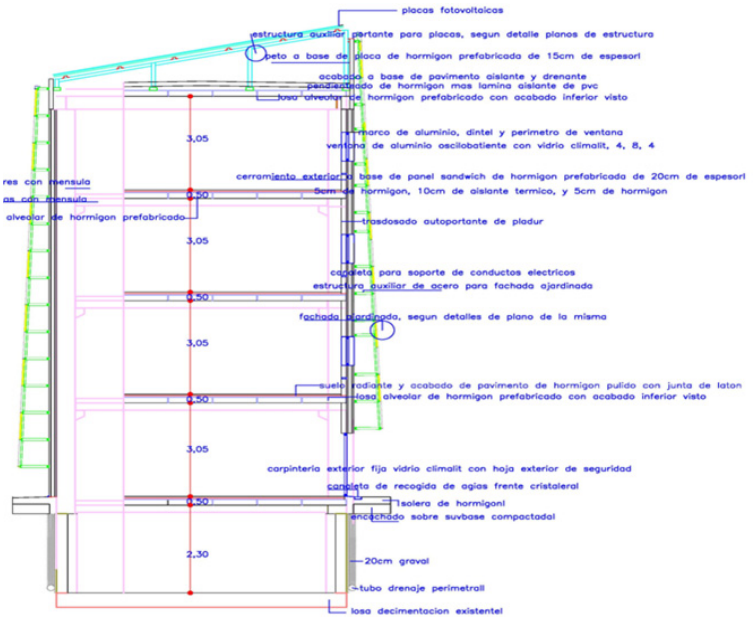


Figura 8. Sección constructiva, estructura y envolvente.

Sistemas de Envolventes y Acabados

Por situarse en un área ajardinada, que los vecinos valoran como tal, se ha diseñado un edificio que en su conjunto pueda considerarse un elemento verde más, para ello, se proyecta este edificio envuelto literalmente por un entramado vegetal que además de procurar adecuación al entorno verde facilita la sostenibilidad energética proporcionando una disminución de pérdidas de calor y de frío de aproximadamente un 20%, así como protección acústica y ambiental y absorbiendo partículas contaminantes.

Figura 9 y 10. Envolvente.

La cubierta sobre el último forjado es a base de pendiente Ado de hormigón sobre forjado de placa alveolar, impermeabilización que incluye aislante térmico de 7 cm de espesor y superficie pasable de hormigón, más una segunda hoja inclinada y elevada sobre estructura metálica auxiliar compuesta por placas fotovoltaicas, y rematada en sus bordes por trama de jardín colgado, similar al de fachadas laterales

Las fachadas son en un 70% fachadas de triple hoja, a base de panel sándwich de hormigón prefabricado con aislante térmico en su interior, cámara de aire en el trasdós, y una última hoja exterior a base de entramado o jardín vegetal,

algo separada de la primera para conseguir una nueva cámara de aire que redunda en beneficios climáticos y minimiza las pérdidas de energía.

La construcción del jardín vertical se realiza mediante una estructura auxiliar de acero galvanizado fijada a la estructura prefabricada, la cual soporta las jardineras continuas y en varias alturas que configuran la base para la vegetación.

La apertura de ventanales se realiza a fachadas soleadas para captación de energía calorífica en invierno y es a base de carpintería de aluminio lacado con rotura de puente térmico y doble acristalamiento.

Sistemas de Acondicionamiento e Instalaciones

Figura 11. Suelo radiante y refrigerante.

Calefacción

La producción de energía para la instalación de calefacción se realiza desde la instalación de geotermia y una bomba de calor, contando con un depósito de acumulación y varios circuitos de suelo radiante que consigue el tratamiento de todo el edificio, disponiendo de termostatos de control en cada una de las estancias: aulas, despachos, zonas comunes, etc.

Refrigeración

La producción de energía para la instalación de refrigeración, de manera conjunta a como hemos indicado para calefacción, se realiza desde la instalación de geotermia y una bomba de calor, contando con un depósito de acumulación y varios circuitos de suelo refrescante que consigue el tratamiento de todo el edificio, disponiendo de termostatos de control en cada una de las estancias: aulas, despachos, zonas comunes, etc.

Ventilación

La instalación de ventilación se encuentra compuesta por varias unidades recuperadoras, situadas en la cubierta del edificio bajo la última capa de placas fotovoltaicas. La distribución desde los recuperadores a cada estancia se efectúa por conductos verticales integrados entre el cerramiento de hormigón y el trasdós de paladar, tratando de. En las diferentes estancias se ha instalado rejillas como difusión de aire.

Producción de ACS

El sistema de producción de energía señalado para calefacción y refrigeración (geotermia y bomba de calor) también tiene aplicación sobre la producción de ACS.

Automatización y Control

La instalación de control tiene dos partes: la asociada a la producción/distribución de energía, que está centralizada en la propia bomba de calor, y la relacionada con los elementos terminales (suelo radiante), la cual está compuesta por termostatos ambiente distribuidos por las diferentes estancias y que activan o cierran las válvulas motorizadas instaladas en los circuitos.

Energías Renovables in situ o en el entorno

Como fuentes de energía del edificio, se han instalado dos tipos de energías renovables: Geotermia y solar fotovoltaica

Geotermia

El sistema geotérmico está constituido por 7 sondeos de 125 m de profundidad donde se han instalado las correspondientes sondas para realizar el intercambio geotérmico con el terreno mediante un circuito cerrado.

En invierno el terreno transfiere al agua el calor que almacena, el cual lo utiliza la bomba de calor para generar calefacción. y en verano el agua transfiere al terreno el exceso de calor del edificio de forma que se obtiene refrigeración. En definitiva, el terreno hace las veces de foco caliente en verano y foco frio en invierno.

Solar fotovoltaica

Para suministrar energía eléctrica al cuadro general de mando y protección del edificio se ha instalado un sistema de generación de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos.

Considerando la carga eléctrica de alumbrado y fuerza del edificio y los factores de simultaneidad, así como la superficie útil de cubierta para ubicación de paneles fotovoltaicos, se considera una potencia necesaria fotovoltaica de 15.000 w. Se proyecta un sistema formado por 47 paneles de potencia 250 W, colocados sobre estructura de suportación en cubierta. Los paneles se han colocado en cuatro líneas de 15 paneles cada uno, dan tensión y corriente a un inversor del que sale una línea eléctrica que conecta con el cuadro general de baja tensión. Para completementar el suministro de energía, de manera auxiliar se dispone también de una acometida eléctrica convencional.

Otros sistemas sostenibles para ahorro de energía

Drenaje Sostenible

El Proyecto incluye un sistema de recogida de aguas para su reutilización para el riego de las zonas verdes de la urbanización y las fachadas ajardinadas del edificio.

El sistema está basado en la existencia de un material permeable que canaliza el agua hasta unas celdas y cajas que lo llevan a dos depósitos de acumulación, desde donde se impulsa el agua al depósito de riego situado en el interior del edificio y a la red de riego de la urbanización.

En caso de que exista algún excedente de agua se canaliza a la red de saneamiento público.

Figura 12. Drenaje sostenible.

PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

El coste total del edificio más la urbanización ha sido de 1.289.065 € y ha sido construido según el proyecto original sin necesidad de ampliación de presupuesto por modificaciones de proyecto. Ello implica un ratio de 1.302 €/m2 construido (con I.V.A.), incluida la urbanización, inferior al ratio resultante en la construcción de edificios tecnológicamente convencionales que es superior a 1.400 €/m2 (con IVA)

De ello corresponden a la edificación 1.015.724,23 € (con I.V.A.) ratio 1.075 €/m2, y al tratamiento exterior de las parcelas 330.742,61 € (con I.V.A.).

BALANCE ENERGÉTICO

Una vez reducidas las pérdidas de energía gracias al diseño ya explicado, el edificio que está programado para obtener una temperatura constante en invierno y en verano de 22º, en un alto porcentaje de días/año (que depende del comportamiento meteorológico del año), funciona sin requerir energía primaria no renovable, bastando con el abastecimiento de energía geotérmica para calefacción o refrigeración y ACS a través de la bomba de calor, que tomara en caso necesario apoyo energético proveniente de la producción eléctrica de las placas fotovoltaicas, que a su vez, atienden la demanda de consumo eléctrico convencional del edificio. No obstante, hay días críticos en el año por frio o calor en que la demanda de calefacción o refrigeración se dispara obligando a un mayor rendimiento de la bomba de calor, que requerirá entonces aporte de energía eléctrica convencional de la red. Ello también puede suceder en días de bajo rendimiento de las placas fotovoltaicas por falta de sol.

Es por ello que el edificio es de consumo casi nulo, aunque no totalmente nulo.

INDICADORES (media anual)	
Consumo Energía Primaria no renovable (consumo eléctrico estimado):	57.000 kW (10,8%) 57,57 / kW /m2a
Demanda Calefacción / Refrigeración:	561.000 kW 566,66 / kW /m2a
Aporte Renovables: Geotérmica + Bomba de calor: Solar fotovoltaica:	504.000 kW (89%) 509,09 kW /m2a 480.000 kW (85%) 484,84 kW /m2a 24.000 kW (4,2%) 24,24 kW /m2a

Emisiones CO2 Edificio:	21,914 KgCO2	0,02 KgCO2/m2a	
Otros: En relación con el balance energético del edificio en uso, hemos efectuado la comparativa de consumo de energía respecto a otro edificio similar con energía convencional (caldera, enfriadora y fan-cois). Los resultados en un periodo entre enero y julio de 2018 son los siguientes:	ENERGIA CONSUMIDA	kW	ratio KW/día
	CMM CERRO BERMEJO	128.727,00	607,222483
	EDIFICIO PEZ AUSTRAL	22.889,00	117,379487
	AHORRO 105.838,00	489,842996	

BASA DE LA MORA, EDIFICIO RESIDENCIAL DE 165 VIVIENDAS MEDIANTE ESTÁNDAR PASSIVHAUS

Resumen Proyecto: Residencial Basa de la Mora es un proyecto residencial ECCN de 165 viviendas con 18.930 m² útiles, ubicado en Zaragoza, en fase de construcción y con previsión de finalización de la primera fase en diciembre de 2018. El proyecto se está construyendo mediante estándar passivhaus, habiendo adquirido el compromiso de certificación. La comunicación versará sobre las principales estrategias de diseño pasivo aplicadas en el edificio en un clima desfavorable para el alcance del balance energético, la aplicación de los cinco puntos del estándar mediante documentación de proyecto, avances de obra, las soluciones de diseño activo y los resultados obtenidos en su simulación energética.

Figura 1. Infografía exterior Fases I y II.

DATOS GENERALES PROYECTO	
Emplazamiento:	Zaragoza, Miralbueno
Uso Característico Edificio:	Residencial Colectivo
Zona Climática:	D3 (CTE), Cálido (PHPP)
Obra Nueva / Rehabilitación:	Obra nueva
Superficie Total Construida:	Fase I: 20344,00 m²; Fase II: 19428,95 m²
Fase del Proyecto:	Fase I: Acabados; Fase II: Estructura

MEMORIA DESCRIPTIVA

Agentes del Proyecto

- Promotor: Grupo Lobe
- Proyectistas-Dirección de Obra: Dirección Integrada de Proyecto Grupo Lobe + Gonzalo Urbizu Arquitectura
- Dirección de Ejecución: Enrique Martínez, Inma Ferreira y Eduard Núñez, Grupo Lobe
- Consultoría energética: Área de Eficiencia Energética, Grupo Lobe
- Passivhaus Designers/Planners: Pablo Carranza y Clara Lorente, Grupo Lobe
- Otros Agentes:
    - Certificador Passivhaus: VAND Arquitectura
    - Infiltrometría: Área de Eficiencia Energética, Grupo Lobe

- Ventilación: Siber
- Aerotermia: Panasonic
- Carpinterías: Inrialsa

Antecedentes

Supone el primer edificio en construcción residencial a gran escala dentro de la estrategia de Grupo Lobe, consistente en la promoción, comercialización, diseño y construcción de todos sus edificios de consumo casi nulo y compromiso de certificación Passivhaus. Basa de la Mora es un proyecto en transición en cuanto a la industrialización y estandarización y optimización de soluciones constructivas para la edificación de consumo casi nulo mediante estándar Passivhaus.

Descripción del Proyecto

Basa de la Mora forma parte de un conjunto edificado en manzana situado en Miralbueno, área en el límite de la ciudad de Zaragoza. El edificio se está construyendo en dos fases, ambas con compromiso de certificación Passivhaus Classic. Las viviendas tienen una media de 85 m² de superficie y 3 o 4 dormitorios, son pasantes y cuentan con grandes terrazas en voladizo a las que se accede desde las estancias principales, proporcionando amplia protección solar de los huecos más expuestos. La presencia de ventanas en ambas fachadas permite la ventilación cruzada en todas las viviendas. El edificio tiene 8 alturas sobre rasante, 2 bajo rasante con garajes y trasteros, planta baja libre y viviendas dúplex con ático ocupando las dos plantas que coronan el edificio.

Prestaciones del Edificio

Residencial Basa de la Mora es un edificio de consumo casi nulo proyectado, simulado energéticamente y construido según los requerimientos del estándar Passivhaus: demanda de calefacción y refrigeración límite de 15 KWh/m²·año o carga de calefacción y refrigeración límite de 10 W/ m²·año, estanqueidad al aire de todas las viviendas con resultado del ensayo de presión n50 < 0,6 ren/h y demanda de energía primaria renovable límite de 60kWh/ m²·año.

Estrategia de simulación

La simulación energética del edificio para el cumplimiento del estándar Passivhaus se ha calculado a través de la herramienta de cálculo PHPP (PassivHaus Planning Package) y la herramienta de modelado y exportación designPH. La simulación para la certificación energética del edificio y justificación de cumplimiento del CTE DB-HE 2013 se ha simulado a través de la herramienta proporcionada por el Ministerio para la justificación de la limitación de la demanda HE1, limitación del consumo energético HE0 y certificación energética del edificio según RD 235/2013.

Al formar parte de una manzana existe gran variación de la orientación de las fachadas y de las sombras que producen los edificios adyacentes sobre ellas. Como la simulación energética a través de la herramienta PHPP es unizona, se optó por dividir el modelo energético del edificio en módulos con comportamiento energético similar para acotar posibles descompensaciones térmicas entre viviendas. La unidad de simulación ha sido la escalera, de manera que la validación del cumplimiento del estándar passivhaus se verifica por grupos de 14 viviendas, a las que se accede desde un mismo portal. La comprobación de hermeticidad se realiza en cada una de las viviendas.

Las zonas comunes y cajas de escalera no se encuentran climatizadas, pero su envolvente presenta características térmicas. Para evitar la simulación de estas zonas como ambiente exterior, se aplica un factor de temperatura adimensional que bonifica la transmitancia del cerramiento vivienda-escalera, calculado según norma ISO 13798 y que representa la diferencia de temperatura entre esta zona no climatizada y el exterior.

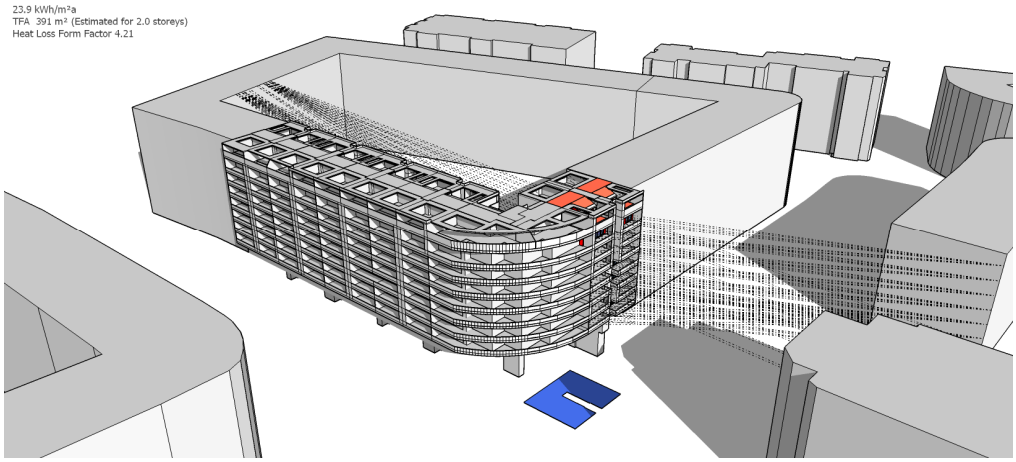


Figura 2. Modelado designPH de E07 en Fase II.

MEMORIA CONSTRUCTIVA

Sustentación del Edificio y Sistema Estructural

El sistema estructural del edificio se resuelve a partir de pórticos de hormigón armado ejecutado in situ. La cimentación se ejecuta mediante losa y los forjados son unidireccionales con viguetas y bovedillas de hormigón que incorporan elementos de alta resistencia térmica embebidos en los forjados para resolver los puentes térmicos de terrazas, dando continuidad al aislamiento de fachadas.

La continuidad de estos elementos de baja conductividad térmica se consiguió en la primera fase trazando el forjado unidireccional de hormigón con viguetas paralelas a fachada, de manera que una hilera de bovedillas de hormigón se sustituye por tacos continuos de EPS, únicamente interrumpidos por las vigas de pórticos estructurales. En estos puntos se realizó un tratamiento específico para cumplir los criterios del estándar.

Tras esta primera experiencia, hemos concluido que la ejecución de viguetas paralelas a fachada no es imprescindible para obtener resultados que cumplan los criterios passivhaus, pues la proporción entre nervio (12 cm) y ancho de bovedilla (60 cm) permite calcular un puente térmico ponderado suficientemente favorable. Por esta razón la segunda fase de la promoción se está ejecutando mediante forjados unidireccionales con las habituales viguetas perpendiculares a fachada, que incorporan elementos de baja resistencia térmica en las zonas coincidentes con fachada y particiones contra escalera. Esta solución evita sobrecostes, pues supone una optimización del comportamiento estructural de los nervios.

Figura 3. Ejecución de forjado en Basa de la Mora II. En blanco, elementos de alta resistencia térmica.

Sistemas de Envolventes y Acabados. Diseño Pasivo

La fachada se ha resuelto con albañilería de doble hoja, alcanzando un valor U de 0,23 W/m²K. En ciertos paramentos de la fase II se plantea incorporar sistemas de construcción en seco, que sustituyen la hoja principal de albañilería y permiten mejorar las prestaciones térmicas del muro para obtener una transmitancia equivalente o superior en un espesor de fachada más reducido. La racionalización de los espesores de fachada es un aspecto esencial para optimizar la ratio superficie útil/superficie construida, tan relevante en el diseño de viviendas que ofrezcan una adecuada calidad espacial.

La cubierta y el forjado de suelo de planta primera incorporan aislamiento por el exterior hasta alcanzar valores U de 0,19 W/m²K y 0,2 W/m²K respectivamente. La transmitancia de los muros vivienda-escalera se sitúa en torno a 0,4 W/m²K. Las carpinterías colocadas tienen marcos de PVC con transmitancia Uf = 1 W/m²K e incorporan vidrios triples con lámina bajo emisiva, alcanzando una transmitancia térmica Ug = 0,6 W/m²K, y g=0,46. Las cámaras entre vidrios están rellenas en un 90% de gas argón y en un 10% de aire. Las ventanas y balconeras situadas en salones y dormitorios incorporan persianas motorizadas de PVC aisladas con EPS, con una transmitancia en cajón de 0,7 W/m²K.

La solución de estanqueidad al aire se resuelve en paramentos horizontales mediante la capa de compresión del forjado de hormigón. En los paramentos verticales, se resuelve mediante el despiece prefabricado de planchas de poliestireno, tanto expandido como extruido, con posterior sellado de juntas mediante pintura polimérica estanca. La conexión entre ambos paramentos se garantiza a través de zunchos de hermeticidad previstos en estructura y sellado de encuentros mediante pintura polimérica estanca. Los ensayos Blowerdoor que se están realizando en obra de fase I presentan resultados promedio n50 de 0,26 ren/h (ISO 9972).

Figura 4. Obra de Basa de la Mora I en septiembre de 2018.

Sistemas de Acondicionamiento e Instalaciones. Diseño Activo

A la hora de escoger los sistemas activos de producción de calor, frío y ACS se está llevando a cabo una estrategia de electrificación de la demanda. De esta forma los consumos de la vivienda son únicamente dependientes de suministro eléctrico, adelantándose a un posible futuro de producción renovable y aportando flexibilidad a la comunidad para instalar producción fotovoltaica de autoconsumo. Además, se evita el peaje mensual del precio fijo a pagar por la disponibilidad de otras fuentes de energía adicionales, como el gas.

Calefacción, refrigeración y ACS

El objetivo al elegir el sistema de climatización ha sido resolver con un solo equipo la producción térmica para agua caliente sanitaria y climatización, limitando sobrecostes en instalaciones. El sistema escogido es aerotermia individual para producción de calor, frío y ACS, con suelo radiante como unidad terminal. Los equipos utilizados son de alta eficiencia y el suelo radiante permite trabajar a baja temperatura: 35 ºC en invierno y 18 ºC en verano.

El sistema cuenta adicionalmente con batería de calor y frío (agua en torno a 50º y 7º, respectivamente) en el conducto de impulsión de ventilación, para pre-acondicionar el aire limpio impulsado a las estancias. La climatización mediante superficies radiantes es bien conocida por su capacidad de aporte de confort y bienestar, y su inercia la hace idónea para una vivienda pasiva que se va a utilizar como primera residencia.

Ventilación

Se ha instalado un sistema de ventilación individual de doble flujo con recuperación de calor programado con tres velocidades dentro del rango de caudales certificado PHI. El rango de caudales real del aparato es mayor, quedando esta prestación a disposición del usuario para poder ventilar en modo free-cooling de verano. El equipo se sitúa fuera de la envolvente térmica para evitar presencia de ruidos continuos en vivienda, aspecto especialmente sensible en la percepción de confort. Consecuentemente los conductos de conexión entre recuperador de calor y vivienda están debidamente aislados y se computa la pérdida de rendimiento del equipo en el balance de energía global.

El sistema de distribución en estrella escogido facilita el equilibrado final de caudales en boca a través del pre-equilibrado en la caja de distribución, mediante piezas capaces de compensar la pérdida de carga que se produce en los conductos largos. El precálculo de equilibrado de caudales en oficina posibilita que la tarea de equilibrado final en obra sea rápida y sencilla, agilizando un proceso que ha de verificarse vivienda por vivienda.

Iluminación

El proyecto incorpora luminarias led de bajo consumo en viviendas y zonas comunes. En trasteros y áreas de paso se coloca iluminación equipada con detectores de presencia, capaces de limitar consumos de energía innecesarios.

Automatización y Control

El sistema de climatización mediante aerotermia incorpora sondas de humedad y temperatura para posibilitar una regulación automática del equipo con el objetivo de conseguir unas condiciones ambientales pre-configuradas. El cuadro central de control permite monitorizar los consumos y el rendimiento del equipo, así como determinar la consigna de temperatura ambiental y de agua para ACS e impulsión en las unidades terminales. Se ha colocado un

sistema de monitorización de consumos y condiciones ambientales de confort en una de las viviendas de la fase I (temperatura, humedad relativa y consumos eléctricos), para realizar comprobaciones y pruebas de eficacia y funcionamiento de los equipos y sistemas de instalaciones en fase de obra.

Energías Renovables

Se ha escogido la aerotermia como equipo para la producción de calor, frío y ACS. Conforme a la Directiva europea 2009/28/CE, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, la energía que es capturada por las bombas de calor, almacenada en el aire ambiente, puede computarse como energía renovable siempre que el rendimiento del sistema posibilite que la energía final supere el cómputo de energía primaria eléctrica utilizada en el accionamiento del compresor. El COP (Coefficient of Performance) de la bomba de calor instalada tiene un valor medio de 3,4 W/W, por lo que es computable como energía renovable.

Figura 5. Obra de Basa de la Mora I en marzo de 2018.

PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

El trabajo mediante Dirección Integrada de Proyecto (IPD) de Basa de la Mora ha compatibilizado criterios energéticos con criterios de promoción comercial, optimización económica y planificación de obra. Esta convivencia se traduce en un edificio con rentabilidad inmobiliaria que alcanza los requisitos del estándar passivhaus a través de soluciones constructivas sencillas que suponen una evolución a partir de la tradición constructiva de la zona. El cálculo analítico ha sido vehículo de optimización para, a través de sucesivas iteraciones, explorar las soluciones constructivas y tratamiento de encuentros necesarios para el edificio y el clima concreto en el que nos encontramos, evitando sobredimensionamientos.

CUMPLIMIENTO DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

Residencial Basa de la Mora cuenta con una calificación energética A en ambas fases.

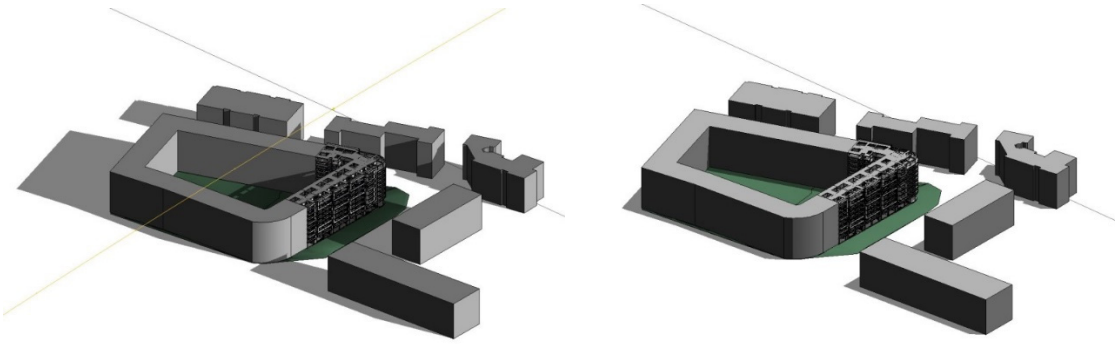


Figura 6. Esquemas de asoleo Fase I integrada en su entorno.

INDICADORES	
Consumo Energía Primaria no renovable:	17,88 kWh/m2año
Demanda Calefacción:	15,71 kWh/m2 año
Demanda Refrigeración:	14,83 kW/m2año
Emisiones CO2 Edificio:	3,05 kg CO2/m2año

CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS Y AMBIENTALES

Ambas fases de Residencial Basa de la Mora se han calculado y se están construyendo conforme a las especificaciones y requerimientos establecidos por el estándar de certificación de la eficiencia energética en edificios Passivhaus categoría Classic.

El estándar requiere un riguroso cálculo del balance de energía y un continuo control de calidad en la ejecución de la obra para asegurar y justificar adecuadamente ante la entidad certificadora las prestaciones del edificio que se construye. La certificación somete al edificio a una exigente verificación por tercera parte que comprueba y garantiza cumplimento de los requisitos preestablecidos por el Passivhaus Institut.

Podemos remarcar el importante cambio que supone en la ejecución y planificación de obra el cumplimiento de los requisitos de hermeticidad al aire, que se verifica vivienda por vivienda mediante un ensayo de infiltrometría a final de obra, con el edificio en fase de acabados. La obligatoriedad de cumplimiento de la prueba Blowerdoor supone un control de calidad muy exigente que condiciona el diseño y la ejecución del edificio desde fase de estructura, y requiere la realización de tests intermedios para comprobar la eficacia de la capa de hermeticidad cuando es todavía reparable.

La comercialización de las viviendas se establece desde un primer momento con compromiso de certificación, cuestión que supone un distintivo de calidad para el cliente y una garantía de confort en cuanto al cumplimiento de unas exigentes condiciones de calidad de ambiente interior.

Figura 7. Infografía de salón Basa de la Mora, ambiente Bianco.

CONCLUSIONES

En la simulación energética de edificios de viviendas en altura influye notablemente el factor de forma en el resultado final. A mayor volumen de aire interior a climatizar y menor superficie de paramentos en contacto con el exterior, se pueden cumplir los criterios passivhaus con menos sobrecostes respecto a un edificio construido según CTE 2013. Las transmitancias necesarias en cerramientos no requieren espesores de aislamiento mucho mayores, pues los requeridos para cumplir CTE están ya cerca del espesor óptimo para el clima de la península.

La simulación energética con PHPP escalada a edificios multifamiliares requiere una inversión de tiempo elevada. Dado el número de elementos a manejar, con cifras como 200 particiones de ventana por escalera o más de 60 puentes térmicos calculados en el edificio, resulta indispensable encontrar modos de trabajo que sistematicen las comprobaciones y vinculen la evolución y optimización en el diseño, tan cotidiana a los procesos de proyecto, con la verificación de cumplimiento de requisitos passivhaus. Automatizar y digitalizar en lo posible el trabajo de medición e introducción de datos en la herramienta PHPP es el camino para reducir tiempos de iteración en cálculo y fomentar que el estándar se extienda a equipos de trabajo reducidos que por falta de recursos no puedan asignar profesionales con dedicación completa a la simulación y cálculo passivhaus.

Un modo de trabajo bidireccional diseño-simulación, como el que posibilitan los entornos de trabajo BIM, facilitaría la evolución del estándar al poder dedicar más tiempo a obtener conclusiones y a optimizar la relación eficiencia/coste de las soluciones constructivas utilizadas.

La herramienta de modelado y exportación designPH es un paso en esta dirección, pero presenta todavía errores en aspectos esenciales como la simulación de sombras, factor importante a controlar con precisión en climas mediterráneos.

EDIFICIO ADAGIO I, 1ER MULTIFAMILIAR PASSIVHAUS EN CLIMA CÁLIDO

Resumen Proyecto: Edificio Adagio I es un bloque residencial multifamiliar de vivienda protegida de iniciativa privada con tipología de torre, compuesto por 42 viviendas, y 3.918 m2 de superficie útil, ubicado en Valencia capital, proyectado como ECCN mediante el estándar de construcción Passivhaus y con compromiso de certificación por parte de la promotora. El interés del proyecto y los temas que se abarcaran en el artículo se centran en el estudio de las soluciones de diseño pasivo que se han implementado en el edificio que debían de ser compatibles con los criterios de promoción comercial y las estrategias a implementar en un edificio en clima cálido caracterizado por inviernos suaves, veranos cálidos y una alta humedad por su cercanía al mar. Se especificarán también las soluciones de diseño activo incorporadas en el proyecto para garantizar el confort tanto en período cálido como en el período frío.

Figura 1. Infografía del Edificio Adagio I y entorno.

DATOS GENERALES PROYECTO	
Emplazamiento:	Valencia
Uso Característico Edificio:	Residencial
Zona Climática:	B3 (CTE)
Obra Nueva / Rehabilitación:	Obra nueva
Superficie Total Construida:	7.603,91 m²
Fase del Proyecto:	En construcción
Otros:	1er Edificio multifamiliar Passivhaus en la Comunidad Valenciana

MEMORIA DESCRIPTIVA

Agentes del Proyecto

- Promotor: Grupo Lobe
- Proyectistas-Dirección de Obra: Dirección Integrada de Proyecto Grupo Lobe
- Dirección Obra: Raquel Aranda

- Consultoría energética: Área de Eficiencia Energética, Grupo Lobe
- Passivhaus Designers/Planners: Pablo Carranza, Eduardo Guillén
- Otros Agentes:
- Área de eficiencia energética de Construcciones Lobe
- Carpinterías: Inrialsa
- Ventilación Siber
- Climatización: Midea
- Infiltrometría: Área de Eficiencia Energética, Grupo Lobe
- Certificador Passivhaus: VAND Arquitectura

Antecedentes

El proyecto se encuadra dentro de la línea estratégica de Grupo Lobe que apuesta por la construcción de edificios de consumo casi nulo mediante la implantación del estándar Passivhaus en los edificios de nueva construcción.

Descripción del Proyecto

Se ha proyectado un edificio de 42 viviendas VPO con una superficie media de 87 m^2 por vivienda, compuestas por 3 dormitorios, en la nueva zona del sur de Valencia junto al Parque de Malilla de reciente construcción. Las viviendas están dotadas de terrazas, solárium y zona comunitaria con piscina.

El Edificio Adagio I está compuesto por 13 plantas sobre rasante y dos plantas bajo rasante destinas a garaje y trasteros. A cota de planta calle la planta baja cuenta con el acceso al edificio, a partir de planta primera hasta planta novena están distribuidas cuatro viviendas por planta en torno a un núcleo central compuesto por la caja de escaleras y el ascensor. De planta décima hasta planta duodécima se distribuyen dos viviendas por planta.

El edificio es de planta rectangular y gran altura, que proporciona un factor de forma muy favorable, las viviendas tienen una disposición en esquina con fachada a dos orientaciones que facilita la ventilación natural.

En la actualidad el edificio está en proceso de construcción, realizando el seguimiento para obtener la certificación. La construcción se inició el pasado mes de julio de 2018.

Prestaciones del Edificio

El edificio Adagio I es un edificio de consumo casi nulo proyectado y simulado cumpliendo las exigencias del estándar Passivhaus.

Metodología de trabajo

Utilización de herramientas BIM

Se trabaja con metodología BIM, lo que permite obtener una preconstrucción virtual del edificio con un alto nivel de detalle, proporcionándonos gran cantidad de información y la capacidad de prever los posibles problemas que se pueden ocasionar durante la fase de construcción del edificio, además de identificar puentes térmicos que con una metodología de trabajo tradicional tal vez no serían identificados.

Gracias al trabajo realizado mediante metodología BIM, en fase de proyecto se puede obtener una coordinación muy precisa, prever la colocación de elementos de baja resistencia térmica en el forjado y ubicar los pasos de instalaciones en la envolvente con gran precisión, lo que supone una ventaja para el control de la hermeticidad.

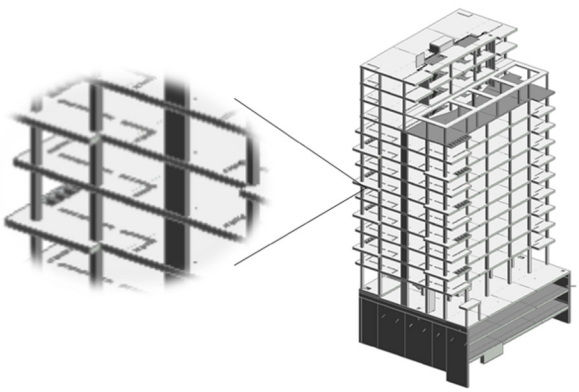


Figura 2. Modelo BIM de la estructura con los huecos para embeber elementos de baja resistencia térmica en estructura.

Simulación energética del edificio

Para la simulación del edificio se modela con la extensión DesignPH de SketchUp. Una vez introducida la geometría del edificio en SketchUp se exportan las superficies, carpinterías y sombras a la herramienta de simulación propia del PHI (Passivhaus Institut) el PHPP (Passivhaus Planing Package). La zona en la que está ubicado se encuentra en expansión y los edificios colindantes aún no están construidos, por lo tanto, se van a realizar dos simulaciones. La primera de ellas teniendo en cuenta los edificios del entorno según el plan parcial, considerando el entorno más desfavorable en el periodo de calefacción. El segundo de los escenarios posibles es que no se construyen los edificios que le proporcionan sombra, siendo la situación más desfavorable para el periodo de refrigeración. Las ganancias solares son completamente diferentes en cada una de las hipótesis calculadas. Para conseguir un buen comportamiento térmico del edificio en las dos situaciones, se calculan las dos opciones el edificio en PHPP realizando una simulación unizona. La toma de decisiones se basa en dar una respuesta equilibrada pero principalmente para la simulación del periodo cálido sin edificios ya que es más desfavorable.

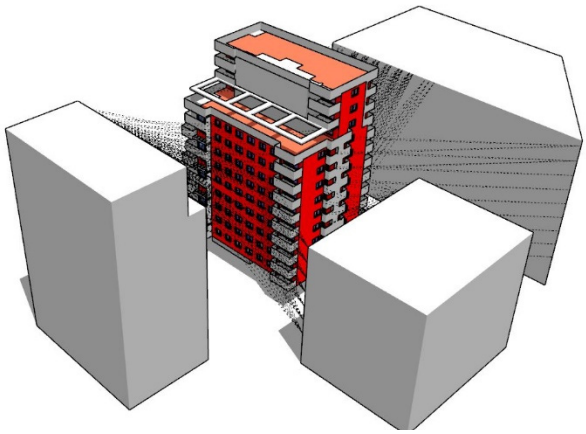


Figura 3. DesignPH edificio Adagio I y entorno.

MEMORIA CONSTRUCTIVA

Sustentación del Edificio y Sistema Estructural

La cimentación del edificio se realizará de acuerdo con las recomendaciones y conclusiones recogidas en el estudio geotécnico, utilizando un sistema de losa de cimentación. Los muros perimetrales de sótano se ejecutarán de hormigón armado. La estructura del edificio se realizará a base de pórticos formados por pilares y jácenas planas de hormigón armado y forjados unidireccionales con viguetas in-situ y bovedillas de hormigón incorporando elementos de alta resistencia térmica para el tratamiento de puentes térmicos. En las terrazas del forjado en planta 10º el sistema se sustituye por una losa de hormigón armado. Las escaleras situadas en el núcleo central del edificio se ejecutarán mediante losas de hormigón armado.

Sistemas de Envolventes y Acabados

Durante el desarrollo del proyecto se ha planteado resolver la envolvente tratando la escalera como espacio no climatizado, pero incluyendo altas prestaciones térmicas en sus cerramientos. Se calcula un coeficiente de reducción de temperatura que bonifica las pérdidas de energía hacia esta zona, conforme al procedimiento basado en la ISO 13798. Es especialmente interesante el cálculo del coeficiente de reducción de temperatura en este edificio por su morfología ya que el núcleo de escaleras está situado en el centro y por lo tanto mayoría de la escalera está en contacto con zonas habitables y no con el exterior, lo que permite obtener un valor muy beneficioso, reduciendo de manera significativa las pérdidas hacia zonas no calefactadas.

En la Figura 4 se puede observar el planteamiento de la envolvente. La línea continua define los cerramientos de fachada y cerramientos entre zonas no calefactadas y exterior. La línea discontinua representa los cerramientos entre zonas con diferentes temperaturas, particiones entre viviendas y zonas no calefactadas.

Figura 4. A la derecha envolvente P1-9, a la izquierda envolvente P10-12.

Toda la envolvente de fachada se ha planteado mediante dos soluciones constructivas. Se ha optado para ambas soluciones por sistemas industrializados de junta seca, en la mayoría de la fachada se instalarán paneles prefabricados de GRC, cuyas uniones han sido detalladas cuidadosamente durante la fase de diseño para que cumplan los requisitos térmicos y estéticos, en las zonas de balcones se ha optado por la instalación de un sistema de Aquapanel. En las fachadas predomina el uso de colores blancos y grises en coherencia con el clima donde encuentra el edificio existiendo zonas aterrazadas que favorecen el sombreamiento.

El edificio cuenta con grandes espesores de aislamiento en toda la envolvente con unas transmitancias térmicas muy bajas para el clima en el que se encuentra, que resulta en unos valores U en fachadas 0.233 W/ m^2K, los cerramientos entre vivienda-escalera 0.4 W/ m^2K, forjados de cubierta y terrazas 0.310 W/ m^2K y en el forjado de planta baja 0.25 W/ m^2K.

Los huecos en fachada se han resuelto instalando carpinterías de PVC Uf=1.3 W/ m^2K, vidrios dobles con control solar Ug=1,04 W/ m^2K y fs=49 y un cajón de persiana 0.81 W/m^2K. Se cuenta con persiana y solución específica, calculada y estudiada para el tratamiento del puente térmico del cajón de persiana. Por otro lado, el dimensionado del vidrio está condicionado principalmente por la exigencia acústica de la ordenanza local de Valencia.

Hermeticidad

La solución de hermeticidad al aire en las particiones verticales se resolverá mediante poliestireno, tanto extruido como expandido, una solución basada en la experiencia obtenida en proyectos anteriores. En las particiones horizontales se resolverá la hermeticidad con la capa de compresión de los forjados unidireccionales, para conectar las dos soluciones de hermeticidad se coordinan desde la fase de proyecto unos macizados de hormigón en el perímetro de cada una de las viviendas. Todas las uniones se sellarán con pintura polimérica estanca. Se realizarán un total de tres test Blower Door en diferentes fases de ejecución de obra a cada una de las viviendas para obtener un valor inferior a las 0,6 ren/h en el ensayo final que se realiza en la vivienda completamente terminada, una prueba que es auditada por una entidad externa a la empresa constructora. Para realizar los pasos de instalaciones a través de la envolvente se utilizan unos tacos de EPS que han sido tenidos en cuenta en la fase de diseño del edificio para tener controlados todos los posibles huecos que se han de realizar en la envolvente adelantándose a los posibles problemas que se puedan generar durante la ejecución.

Puentes térmicos

Durante la fase de diseño del edificio se han estudiado, tratado y calculado todos los puentes térmicos que se producen en el edificio mediante la herramienta de cálculo por elementos finitos Therm, comprobándose el cumplimiento de los requisitos establecidos por el estándar Passivhaus referentes a condensaciones y temperaturas mínimas superficiales. En el cálculo mediante la herramienta PHPP se han limitado las pérdidas ocasionadas por puentes térmicos a 3,5 kWh/(m^2a).

Sistemas de Acondicionamiento e Instalaciones

En cada una de las viviendas del edificio se proyectan sistemas individuales de aporte de energía para garantizar el máximo confort en el interior de las viviendas durante los periodos de calefacción y refrigeración consumiendo la mínima cantidad de energía posible. Como parte de la estrategia de Grupo Lobe se toma la decisión de electrificar la demanda de energía para evitar el pago a los usuarios de cuotas fijas que tienen otros tipos de energía, además de ofrecer la posibilidad en un escenario futuro de la instalación de sistemas de autoconsumo en el edificio.

Climatización

Se instalará un equipo de climatización en cada una de las viviendas compuesto por una bomba de calor con un sistema todo aire distribuido por conductos, los equipos proyectados tendrán unos rendimientos de SEER 6.1 y SCOP de 4. El equipo de climatización además de vencer las cargas de refrigeración y calefacción está proyectado para que tenga la capacidad de deshumectar el aire en el periodo de refrigeración que es el más desfavorable debido a la situación del edificio en un clima cálido cercano al mar.

ACS

Se instalará un sistema individual de aerotermia de alta eficiencia en cada una de las viviendas con un depósito de acumulación de 180 l.

Ventilación

Se instalarán equipos de ventilación mecánica de doble flujo con recuperación de calor, certificados por el PHI mediante un sistema de distribución en estrella. Se plantean equipos y sistemas individuales por unidad de vivienda, ubicados junto a la envolvente. El equipo se instalará en el falso techo de la terraza fuera de la envolvente térmica, a una distancia inferior a 1 metro y aislando los conductos de manera que la eficiencia del equipo seleccionado seguirá estando por encima del 80%. En fase de diseño se realiza un pre equilibrado del sistema de ventilación contactando con la empresa fabricante de los equipos para facilitar la tarea del equilibrado final que se realizara en cada vivienda una vez construida antes de entrar en uso por técnicos cualificados asegurándose de que los caudales medidos en la boca de cada estancia son los que han establecido en la fase de diseño

Iluminación

En todas las viviendas que componen el edificio se instalarán luminarias de tecnología led. En zonas comunes, trasteros y lugares de paso se instalarán luminarias de tecnología led con detectores de movimiento para evitar consumos de energía no deseados.

Automatización y Control

No se plantea la instalación en el edificio de ningún sistema de automatización y control.

Energías Renovables in situ o en el entorno

En cada una de las viviendas e instalará un equipo individual de aerotermia para la generación de ACS. Según la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 establece a la aerotermia como una fuente de energía renovable, siempre que la energía generada por el equipo sea superior a la energía consumida.

CUMPLIMIENTO DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

Para realizar el cálculo del cumplimiento del DB-HE se ha utilizado el programa de simulación Cerma V 4.2, el edificio Adagio I cuenta con una calificación energética A.

INDICADORES	
Consumo Energía Primaria no renovable:	14,20 kWh/m^2·año
Demanda Calefacción:	0,00 kWh/m^2·año
Demanda Refrigeración:	11,79 kWh/m^2·año
Emisiones CO2 Edificio:	2,42 $KgCO_2$ / m^2·año

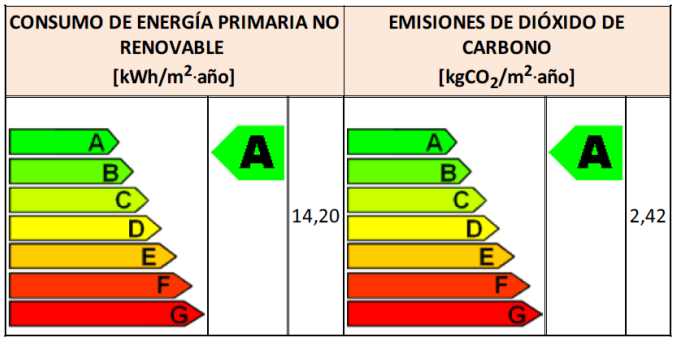


Figura 5. Resultados de la calificación energética del edificio.

CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS Y AMBIENTALES

El edificio Adagio I está proyectado bajo el estándar Passivhaus, actualmente se encuentra en proceso de generar toda la documentación para conseguir la certificación, faltando la revisión del proyecto por parte de las certificadores acreditadas por el PHI (Passivhaus Institut) y el propio instituto. Una vez finalizado el proceso se pretende alcanzar la certificación de Passivhaus Classic.

CONCLUSIONES

El estándar Passivhaus es aplicable a edificios de vivienda colectiva en clima cálido, y se puede llegar a conseguir los requerimientos con un menor incremento del coste en comparación con otras ciudades con climas cálido-templado como Zaragoza y Madrid ya que tienen unos inviernos más fríos y unos veranos muy cálidos existiendo un mayor contraste de temperaturas máximas y mínimas a las que queda expuesto el edificio. La incidencia sobre el diseño de los huecos de fachada es significativa y principalmente determinada por el periodo cálido, siendo necesaria la instalación de persianas tradicionales en el conjunto de carpintería y vidrios dobles con control solar para reducir las ganancias solares y llegar a cumplir con las exigencias del estándar. La tipología en forma de torre influye positivamente en el cumplimiento del estándar. Debido a sus características (gran altura y volumen de aire interior respecto a la superficie de fachada en contacto con el exterior) obtiene un valor favorable de factor de forma. Otro de los elementos que beneficia en el cálculo es el coeficiente de reducción de temperatura. Al proyectarse la escalera en el centro del edificio, queda rodeada de espacios calefactados y se reducen las pérdidas de energía hacia el exterior. Después de tratar y estudiar todos los puentes térmicos del edificio proyectado las pérdidas ocasionadas por puentes térmicos se han limitado a 3,5 kWh/(m^2a).

En el apartado de sistemas de activos es necesario dar prioridad al confort en la situación de verano por ser la más desfavorable, ya que además de vencer las cargas de calefacción y refrigeración es necesario tratar la deshumectación propia debido a la ubicación del edificio. El tratamiento de puentes térmicos es menos exigente en clima cálido respecto de otros climas de la península.

RESIDENCIAL FLUMEN PLUS, PRIMER EDIFICIO MULTIFAMILIAR CERTIFICADO PASSIVHAUS PLUS DE ESPAÑA

Resumen Proyecto: Flumen es un proyecto de 160 viviendas de protección oficial promovido por el Ayuntamiento de Zaragoza y ganado en concurso público por un equipo de empresas compuesto por una cooperativa, estudio de arquitectura y un grupo empresarial promotor-constructor con un área de eficiencia energética integrada. El resultado es un proyecto de vivienda social con mínimos costes de ejecución, pero incorporando altos estándares de eficiencia energética que alcanzan la categoría Plus del estándar Passivhaus mediante la integración de energía EERR: una instalación de placas solares híbridas (PTV) idóneas para la producción de energía térmica y fotovoltaica del ACS y autoconsumo de zonas comunes y garaje respectivamente. Se incorpora también un proyecto de IoT que permite la medición de parámetros energéticos y ambientales poniendo en valor la eficiencia energética mediante la visualización de datos en dispositivos móviles.

Figura 1. Fotomontaje del aspecto del edificio terminado.

DATOS GENERALES PROYECTO	
Emplazamiento:	Zaragoza
Uso Característico Edificio:	Residencial
Zona Climática:	D3 (CTE)
Obra Nueva / Rehabilitación:	Obra Nueva
Superficie Total Construida:	18.790 m2
Fase del Proyecto:	Proyecto Básico y de Ejecución
Otros:	1er Premio de concurso público para la construcción de vivienda protegida promovido por el Ayuntamiento de Zaragoza

MEMORIA DESCRIPTIVA

Agentes del Proyecto

El proyecto se elabora conjuntamente por un equipo de empresas que se unen formando una cooperativa empresarial.

- Promotor: Ayuntamiento de Zaragoza, Gestihabitat
- Proyectistas y Dirección de Obra: Dirección integrada de Proyecto Grupo Lobe, Gonzalo Urbizu Arquitectura
- Consultoría energética: Área de eficiencia energética Grupo Lobe, Pablo Carranza, Guillem Boleda – Passivhaus Designers/Planners

Antecedentes

El proyecto surge de un concurso público promovido por el Ayuntamiento de Zaragoza para la construcción de un total de 160 viviendas de Protección Oficial sitas en el Paseo de la Ribera, en Zaragoza. En las bases del concurso se especificaba, entre otros requisitos, que se valoraría positivamente la obtención del certificado Passivhaus de las viviendas. El ganador del concurso se encargaría de la construcción de las 160 viviendas divididas en 4 bloques, de los cuales se cede uno de 36 vivienda al Ayuntamiento de Zaragoza, para su gestión como viviendas de alquiler social.

El primer premio lo obtuvo la Sociedad Cooperativa Aragonesa, formada por Grupo Lobe, Gonzalo Urbizu Arquitectura y Gestihabitat, con el proyecto “Flumen Plus”.

Descripción del Proyecto

Residencial Flumen Plus es un proyecto residencial colectivo de nueva planta, de vivienda protegida con un total de 160 viviendas repartidas en 4 bloques de B+9, ubicado en la Ribera del Ebro, en Zaragoza.

El edificio se ha proyectado con el compromiso de la obtención del Certificado Passivhaus Plus en los 4 bloques de la intervención. Eso implica que, además de las exigencias ya conocidas para Passivhaus Classic:

- Demanda de Calefacción 15 kwh/m2año o 10 W/m2
- Demanda de Refrigeración 15 kwh/m2año o 10 W/m2
- Demanda de energía primaria Renovable (PER) <60 kwh/m2año PH CLASSIC
- Hermeticidad de la envolvente <0,6 h-1 50 Pa
- Sobrecalentamiento <10% (máximo de 10 % de las horas del año a una temperatura superior a 25ºC)

Se realiza una instalación en cubierta de placas solares híbridas (PTV) que garantizan una generación de 738 Kwh/(m2año), capaz de cubrir la demanda energética del 80% de ACS y el 100% de la energía de zonas comunes y garaje.

El proyecto se enmarca en el plan estratégico de eficiencia energética de Grupo Lobe y en este caso se aplican aprendizajes y experiencias de proyectos anteriores de tipología similar, desarrollados mediante estándar Passivhaus en la misma localización climática.

MEMORIA CONSTRUCTIVA

Sistemas de Envolventes y Acabados

Se han aplicado criterios generales de diseño pasivo como la construcción de bloques con bajo factor de forma, diferente apertura de huecos en función de sus orientaciones, sombreamiento de los huecos y viviendas pasantes con doble orientación, favoreciendo la ventilación cruzada. Las estrategias pasivas adoptadas quedan perfectamente cuantificadas mediante la simulación en herramientas oficiales de cálculo obteniendo valores de demandas de calefacción y refrigeración muy inferiores a los valores límite establecidos por el estándar Passivhaus.

La envolvente térmica del edificio cuenta con soluciones constructivas en las que se ha primado una construcción libre de puentes térmicos, un comportamiento de la inercia térmica del edificio óptimo y un buen resultado higrotérmico de los cerramientos, suelos y cubiertas. Para ello se ha dispuesto un aislamiento en dos capas con su hoja principal en la cara exterior mediante una solución tipo SATE en el caso de los cerramientos de fachada. Igualmente se ha dispuesto el aislamiento en la cara superior e inferior del forjado para el caso de la cubierta y suelo respectivamente.

Se trata de una solución muy adecuada para el comportamiento pasivo del edificio en la localización climática en la que se encuentra.

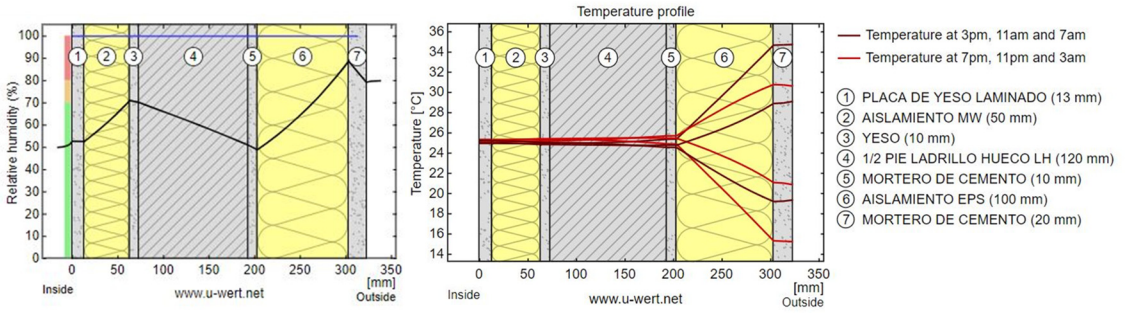


Figura 2. Estudio higrotérmico (izquierda) y estudio de inercia térmica (derecha) de la fachada tipo del edificio.

Cerramientos Exteriores/Fachadas/Cubierta

Se realizan cerramientos de muy baja transmitancia térmica que permiten cumplir con las exigencias del estándar Passivhaus en la localización de Zaragoza en muros (0,247 W/(m2K)), cubiertas (0,251 W/(m2K)) y en el encuentro entre vivienda y zonas comunes (0,317 W/(m2K)).

Huecos/Carpinterías

Se cuenta con carpinterías de PVC de muy baja transmitancia térmica con espesores de marco aproximados de 82 mm y transmitancias térmicas de marco de 1,0 W/m2K, con espaciadores de baja transmitancia y puente térmico de vidrio de 0,022-0,024 W/mK. El elemento es un componente certificado Passivhaus.

Se instala una solución de triple vidrio con cámaras de gas argón y láminas bajoemisivas con valores aproximados de U=0,6 W/m2K y fs=0,5-0,55.

El cajón de la persiana es un cajón de baja transmitancia térmica con valores aproximados de U=0,7 W/m2K y buen comportamiento a la estanqueidad del edificio.

Puentes Térmicos

Se han estudiado los puentes térmicos del edificio mediante modelizado en herramienta de cálculo por elementos finitos THERM. En todos los casos tipo se comprueba que se cumple con los requisitos establecidos en el estándar Passivhaus en cuanto a limitación de pérdidas de energía, temperaturas de confort y riesgo de condensación superficial.

Los valores obtenidos en pérdidas de energía se han simulado en la herramienta oficial de cálculo PHPP para valorar el cumplimiento de pérdidas de energía por puentes térmicos sobre la demanda global del edificio.

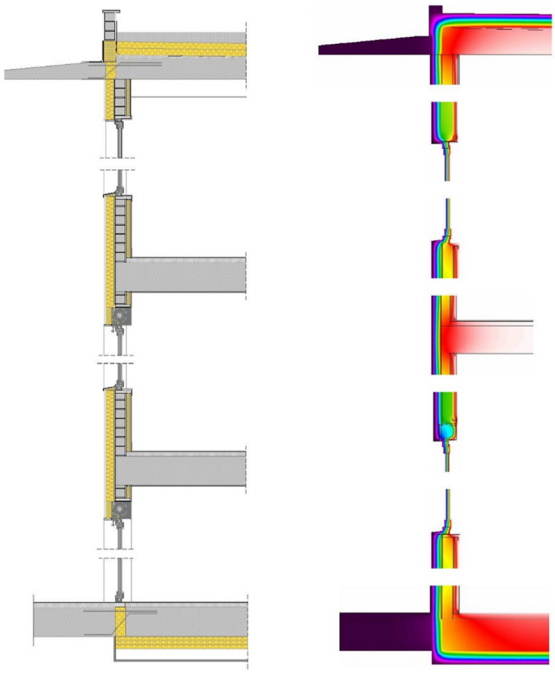


Figura 3. Simulación de puentes térmicos de fachada con programa de elementos finitos Therm.

Estanqueidad

La estanqueidad del edificio se resuelve mediante el uso de materiales que garantizan un buen comportamiento hermético como son el yeso, el hormigón y sellados entre encuentros y pasos de instalaciones mediante el uso de membranas líquidas.

La estanqueidad del edificio se realizará en todas las viviendas de manera individual, cumpliendo el valor límite de infiltración que establece el certificado Passivhaus (0,6 r/h-1) en cada unidad de vivienda, lo que garantiza un comportamiento energético óptimo en todas las viviendas, la máxima eficiencia de la ventilación mecánica y la eliminación de corrientes de aire. Se realizarán un mínimo de 3 tests Blower Door en cada vivienda durante el proceso de construcción, lo que supondrá la realización de alrededor de 500 tests en todo el proyecto.

Sistemas de Acondicionamiento e Instalaciones

El edificio se plantea con equipamiento de sistemas activos que garantizan el máximo confort interior de las viviendas durante todo el año, consumiendo la mínima energía.

Ha sido premisa del diseño activo implementar equipos de alta eficiencia energética, integrar energías renovables y realizar una propuesta de sistemas en los que la única fuente de suministro sea eléctrica. Ello ofrece varias ventajas en ahorros económicos a los propietarios, eliminando términos fijos de factura debidos a diferentes fuentes de suministro además de la flexibilidad para, en un futuro, ampliar la integración de EERR como la fotovoltaica para el autoabastecimiento del edificio.

Los sistemas y sus características se han introducido tanto en la herramienta de simulación PHPP como en la herramienta HULC para medir la eficiencia de los equipos propuestos y el ahorro medioambiental en emisiones de C02.

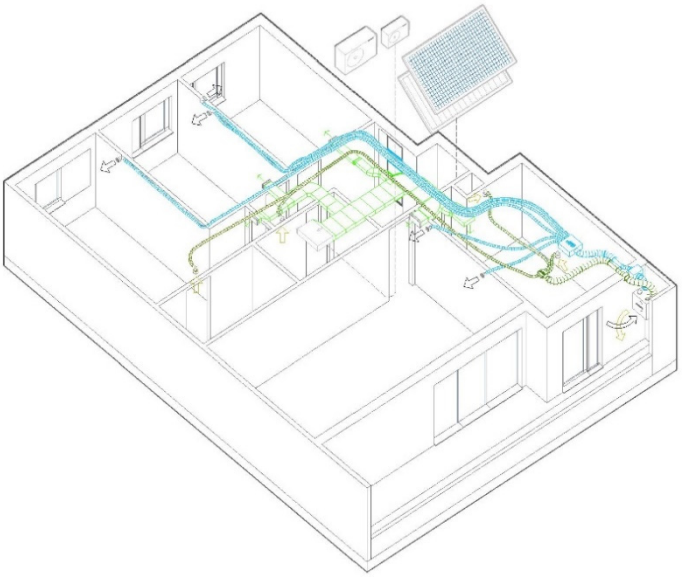


Figura 4. Esquema de funcionamiento de las instalaciones en una unidad de vivienda tipo.

Calefacción/Refrigeración

La instalación de climatización se resuelve mediante equipos de aerotermia de alta eficiencia para la producción de frío/calor con rendimientos aproximados de sCOP=4,1 y sEER=6,2, lo que garantiza grandes ahorros energéticos y el uso de una energía "no convencional" renovable para dar cumplimiento a la ordenanza municipal de ecoeficiencia del ayuntamiento de Zaragoza.

Ventilación

Se realiza una instalación individual de ventilación mecánica de doble flujo con recuperación de calor, según requisitos establecidos en el estándar Passivhaus. Los equipos son de alta eficiencia certificados como componente Passivhaus, lo que garantiza rendimientos superiores al 80% y consumos eléctricos inferiores a 0,48 Wh/m3.

Iluminación

Se realiza instalación de elementos de iluminación de bajo consumo en zonas comunes y garaje mediante la incorporación de luminarias LED.

Automatización y Control

Para poner en valor la eficiencia energética del edificio y de las viviendas, se realizará una monitorización y sensorización de parámetros energéticos y ambientales, mediante la instalación de un sistema que permite, desde dispositivos móviles, la visualización de monitorización de datos de temperatura, humedad, consumo eléctrico, así como permitir el control de encendido y apagado y regulación de temperatura de los equipos de calefacción / refrigeración, con visualización de consumos y control del equipo de ventilación, desde el propio dispositivo móvil, así como sistema de control de accesos en dispositivo móvil. Así mismo, el sistema permitirá la obtención y análisis de datos de forma conjunta del edificio, sirviendo como investigación y desarrollo de proyecto innovador en nuestra propuesta.

Agua Caliente Sanitaria (ACS)

La instalación de ACS se resuelve mediante instalación colectiva con equipos de aerotermia de alta eficiencia, depósitos de acumulación y apoyo de ACS mediante instalación solar térmica, dando cumplimiento a las exigencias de cobertura del CTE en su apartado DB HE4 y la ordenanza de ecoeficiencia del Ayuntamiento de Zaragoza.

Energías Renovables in situ o en el entorno

Se realiza instalación de energías renovables incorporando un sistema de solar termo-fotovoltaica mediante paneles solares híbridos en cubierta del edificio. El objetivo de esta instalación es doble: por un lado apoyar la producción de

ACS mediante la energía solar térmica y por otro lado la generación de energía eléctrica para el autoconsumo de zonas comunes y garaje mediante la energía fotovoltaica.

La consideración de la instalación en el caso de generación eléctrica se enmarca en el RD 900/2015 sobre autoconsumo fotovoltaico considerándose del TIPO 1, en modo autoconsumo e inyección 0 a red para una potencia contratada de zonas comunes y garaje superior a 10 Kw y en término variable.

Esta instalación permite alcanzar la categoría Passivhaus Plus mediante la generación de 738 Kwh/(m2año) de energía primaria renovable.

CUMPLIMIENTO DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

Se ha realizado un estudio energético de cada uno de los bloques individualmente. Se aporta información correspondiente al bloque cedido al Ayuntamiento de Zaragoza:

INDICADORES	
Consumo Energía Primaria no renovable:	4,48 kWh/(m2·a)
Demanda Calefacción:	9,12 kWh/(m2·a)
Demanda Refrigeración:	9,99 kWh/(m2·a)
Aporte Renovables:	179 kWh/(m2·a)
Emisiones CO2 Edificio:	0,83 KgCO2/(m2·a)

CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS Y AMBIENTALES

Se ha realizado certificación energética por cada bloque, dando valores similares. Se exponen los resultados del bloque cedido al Ayuntamiento de Zaragoza para alquiler social según requerimientos CTE 2013 y RD Certificación energética:

Bloque R-6 (36 viveindas): 4,48 kWh/m2.a (A) -> 0,83KgCO2/m2.a (A)

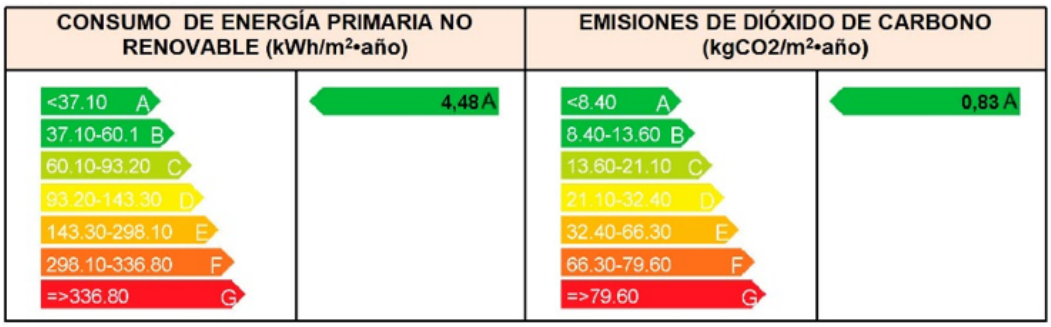


Figura 5. Certificado de Eficiencia Energética del Edificio.

Existe también un compromiso de certificación como Passivhaus Plus de los 4 bloques que forman el proyecto. Se exponen los resultados obtenidos del bloque cedido al Ayuntamiento, según criterios Passivhaus y simulación en PHPP.

Valores específicos referenciados a la superficie de referencia energética

						Criterio	Criterios alternativos	¿Cumplido?[2]
	Superficie de referencia energética	m²	3168,0					
Calefacción	Demanda de calefacción	kWh/(m²a)	9,12	≤		15	-	Sí
	Carga de calefacción	W/m²	8,08	≤		-	10	
Refrigeración	Demanda refrigera. & deshum.	kWh/(m²a)	9,99	≤		15	15	Sí
	Carga de refrigeración	W/m²	5,76	≤		-	11	
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C)	%	-	≤		-		-
	Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg)	%	0	≤		10		Sí
Hermeticidad	Resultado ensayo presión n_{50}	1/h	0,6	≤		0,6		Sí
Energía Primaria no renovable (EP)	Demanda EP	kWh/(m²a)	118	≤		-		-
Energía Primaria Renovable (PER)	Demanda PER	kWh/(m²a)	60	≤		45	60	Sí
	Generación de Energía Renovable	kWh/(m²a)	179	≥		60	166	

[2] Celda vacía: Falta dato; '-': No requerimiento

Figura 6. Resumen de resultados obtenidos mediante la herramienta PHPP.

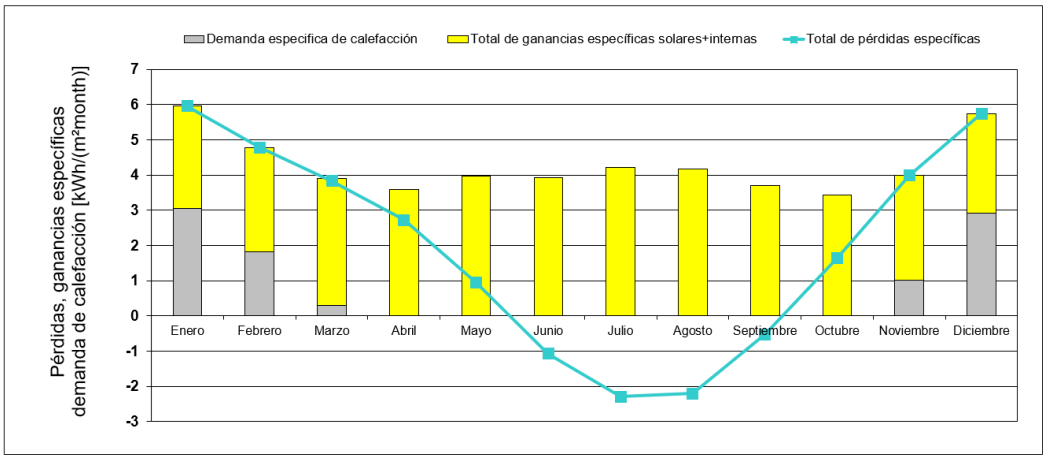


Figura 7. Demanda de calefacción obtenida mediante la herramienta PHPP.

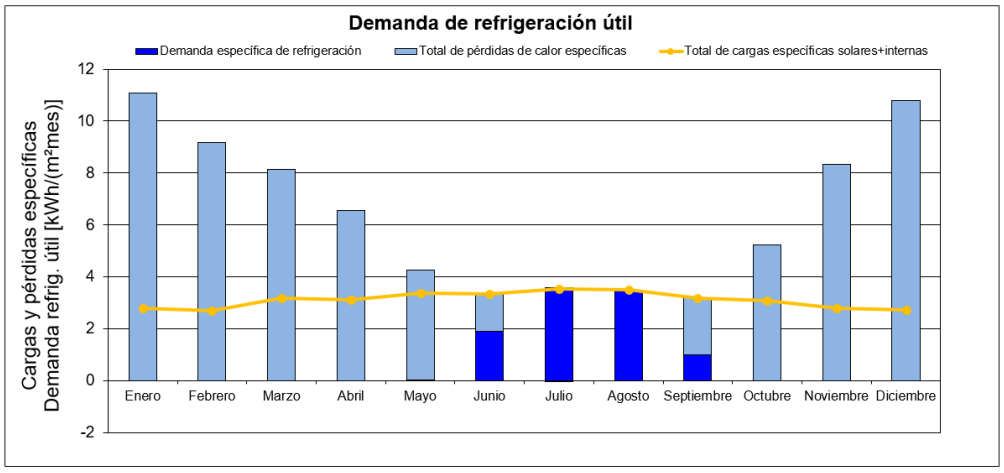


Figura 8. Demanda de refrigeración obtenida mediante la herramienta PHPP.

HOTEL TOBAZO, REHABILITACIÓN EN ALTA MONTAÑA

Resumen Proyecto: Rehabilitación de un edificio histórico desde la escasez y la racionalización del coste, con la ambición de alcanzar los estándares de un EECN reduciendo el consumo energético, aumentando la producción de energía renovable propia, y añadiendo la menor cantidad de energía imbuida en materiales. Este objetivo se cumple al mismo tiempo que se mejora el confort de los ocupantes, los accesos al edificio, la relación con el entorno, se aumenta el número de habitaciones, así como los servicios que presta el hotel, se eliminan las barreras arquitectónicas, y además, pasan a cumplirse los estándares actuales en prevención de incendios, seguridad, etc. Para resolver este problema se ha definido un conjunto de soluciones/actuaciones que resuelven de forma combinada varias de las funciones necesarias. Las actuaciones se están realizando en fases sucesivas y se espera completar el proyecto en un plazo de 3 a 4 años. Dada la intención de mejorar la calidad del Hotel de forma transversal, el edificio será certificado bajo el esquema BREEAM ES nueva construcción.

Figura 1. El Hotel Tobazo en Candanchú.

DATOS GENERALES PROYECTO:	
Emplazamiento:	Candanchú, estación de esquí ubicada en la provincia de Huesca.
Uso Característico Edificio:	Hotel histórico asociado al deporte de invierno.
Zona Climática:	E1
Obra Nueva / Rehabilitación:	Rehabilitación
Superficie Total Construida:	3.277m^2
Fase del Proyecto:	Fase de ejecución de la primera fase, fase de diseño segunda fase.

MEMORIA DESCRIPTIVA

La rehabilitación del Hotel Tobazo se está realizando en varias fases, y permitirá lograr los objetivos del Plan Director elaborado a tal efecto por "*5310133 Agencia de Arquitectura e Ingeniería*".

Agentes del Proyecto

La nueva dirección del Hotel Tobazo decide analizar la forma de acometer una mejora sustancial en el centro, para lo que solicitan a "*5310133 Agencia de Arquitectura e Ingeniería*", ubicada en Zaragoza, el desarrollo de un Plan Director

en el que se analicen las necesidades coyunturales del centro y las posibilidades de crecimiento y mejora que podrían aplicarse en el mismo. El resultado de este proyecto desarrollado por Enrique Cano (Arquitecto-Ingeniero Industrial), José María Castejón (Arquitecto) y Marta López (Arquitecta técnica) es una propuesta de reforma a través de acciones que se ejecutarán según un plan de fases y finalmente llevarán a alcanzar los objetivos planteados.

Durante el desarrollo del plan Director se adhiere al proyecto redactado por "*5310133 Agencia de Arquitectura e Ingeniería*", la ingeniería ABORA Solar, que aporta el diseño de un sistema energético innovador que permitirá al edificio cumplir los estándares de un NZEB. Para poner en valor las decisiones tomadas en la rehabilitación de un edificio que cumplirá los más altos estándares en confort y bienestar, accesibilidad, eficiencia energética, sostenibilidad y mínimo impacto al medio ambiente, Applus+ certificará el Edificio bajo el estándar BREEAM ES Nueva Construcción. Applus+ ha dado servicios de consultoría para la toma de decisiones en el diseño de la fase I del proyecto que está en ejecución y está realizando la pre-evaluación de la fase II del proyecto que será certificada. La construcción de la fase I del proyecto está siendo realizada por la constructora DULA BAU S.L., bajo la Dirección Facultativa de "*5310133 Agencia de Arquitectura e Ingeniería*". Todavía no se ha definido quién realizará la construcción de la fase II del proyecto.

Antecedentes

El Hotel Tobazo, construido originalmente en 1960, ha sufrido en su historia diversas actuaciones de ampliación y reforma. Dichas intervenciones han ido alterando su carácter sobrio y elegante. Además, el paso del tiempo y un mantenimiento coyuntural han restado eficiencia a un edificio que se encuentra sometido a condiciones climáticas extremas. En la actualidad nos encontramos con dos Volúmenes principales, unidos por una pequeña conexión.

La arquitectura del *Volumen Original* es de gran sensibilidad hacia su posición en ladera, su orientación a Sur, y a los distintos accesos según los usos. Un gran zócalo de piedra y el cuerpo superior de madera, un volumen compacto, rematado con el juego de cubiertas, son elementos integrados con maestría que responden de manera impecable a las exigencias climáticas de la alta montaña.

Figura 2. Volumen Original del hotel Tobazo 1960.

Por el contrario, una ampliación posterior, construida en 1969, tiene una geometría preocupada por las vistas y no por el factor de forma, por lo que no responde de igual modo a su emplazamiento a 1.500 metros de altitud. En general en el Hotel, los añadidos posteriores han ido transformando su armonía original, y hoy se hace más difícil su lectura, de espacios laberínticos. Recuperar su pasado, a la vez que se hace de él un edificio moderno, es la intención del Plan Director, transmitida por la nueva propiedad.

Se busca en una primera fase mejorar sus instalaciones, reformar algunas de sus partes y cumplir con la normativa actual, tanto en relación con la Evacuación y Prevención de Incendios, como en materia de Accesibilidad. Pero, además, a través de la arquitectura y de un proceso de transformación programado, se busca aprovechar las actuaciones necesarias para conseguir de ellas algo más que la simple subsanación de los problemas. Hacer visible esta inversión, dotar al edificio de una serie de elementos contemporáneos, convertirlo en referente energético para toda la estación, es también el reto, que en una segunda fase, sería posible desarrollar.

Descripción del Proyecto

A través del Plan Director se han planificado las actuaciones de reforma, adaptación y mejora del hotel en una estrategia global, en el tiempo y en el espacio, que permita organizar y controlar las acciones a realizar.

En una primera fase se está realizando una renovación de espacios interiores que permitirá alcanzar algunos de los primeros objetivos planteados y resolver varias de las deficiencias coyunturales. La consecuencia directa de la construcción en 1969 de la ampliación del Hotel es que este se convirtió en una suma de espacios laberínticos en entreplantas, conectados por múltiples escaleras, y difíciles de leer. Se hace necesario, para adaptar el Hotel a las necesidades y parámetros de hoy, clarificar las circulaciones. Además, convertirlo en totalmente accesible permitiría posteriormente explotar todo su potencial y su capacidad de crecimiento dentro de los límites de su perímetro.

En un plazo de 3 a 4 años se terminarán de acometer el resto de actuaciones definidas en el plan Director para las que son necesarias estrategias globales de carácter estructural que permitan un óptimo de eficiencia y rentabilidad económica. Siempre a través de escenarios encaminados a que el Hotel esté preparado para crecer hasta desarrollar por completo su potencial, dentro de sus límites volumétricos.

Figura 3. Edificaciones en la estación Candanchú actualmente.

Prestaciones del Edificio

Antes de comenzar la reforma el edificio cuenta con un total 52 habitaciones para su explotación, así como varios espacios para habitaciones de empleados con un bajo uso. Solo 12 de esas habitaciones disponen de ascensor. Durante la rehabilitación se aumentará el número de habitaciones, dotando además a todas ellas de ascensor directo. Para ello se sustituye el ascensor existente por otro de doble embarque y se prevé en las siguientes fases la instalación de uno nuevo, que completaría las necesidades del hotel.

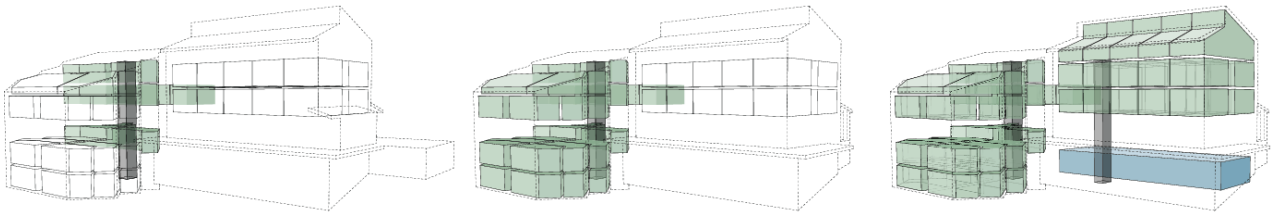


Figura 4. La accesibilidad a través de las distintas fases.

Con la implantación del segundo ascensor el Hotel estaría preparado para poder crecer hasta desarrollar por completo su potencial, dentro de sus límites volumétricos. Además, dicho ascensor de nueva implantación irá asociado a la creación de un pequeño volumen entre los dos existentes. Un volumen que dará visibilidad a la intervención, que a través de una nueva imagen arquitectónica mostrará su renovación.

Figura 5. Nuevo Volumen.

También a través de este nuevo volumen se dispondrá el paso de instalaciones nuevas y dará como resultado nuevos espacios de relajación para los clientes, con vistas hacia la estación. En las fases posteriores del proyecto, con el hotel ya accesible en todas sus plantas, se habilitarán los espacios infrautilizados en los sótanos del edificio con la creación de un Spa, cuyo uso está previsto no solo por los clientes del Hotel sino abierto a toda la estación.

Además, en esta fase también se reformarán las cubiertas del edificio ampliando el número de habitaciones. Las habitaciones para empleados serán reformadas para ofrecer un mayor confort a estos. Parte del desarrollo del Hotel busca poder ampliar su estacionalidad. En la actualidad solo abre unos 5 meses al año. Mediante la mejora y aumento de los servicios -como la incorporación del Spa-, podría optar a abrir durante todo el año.

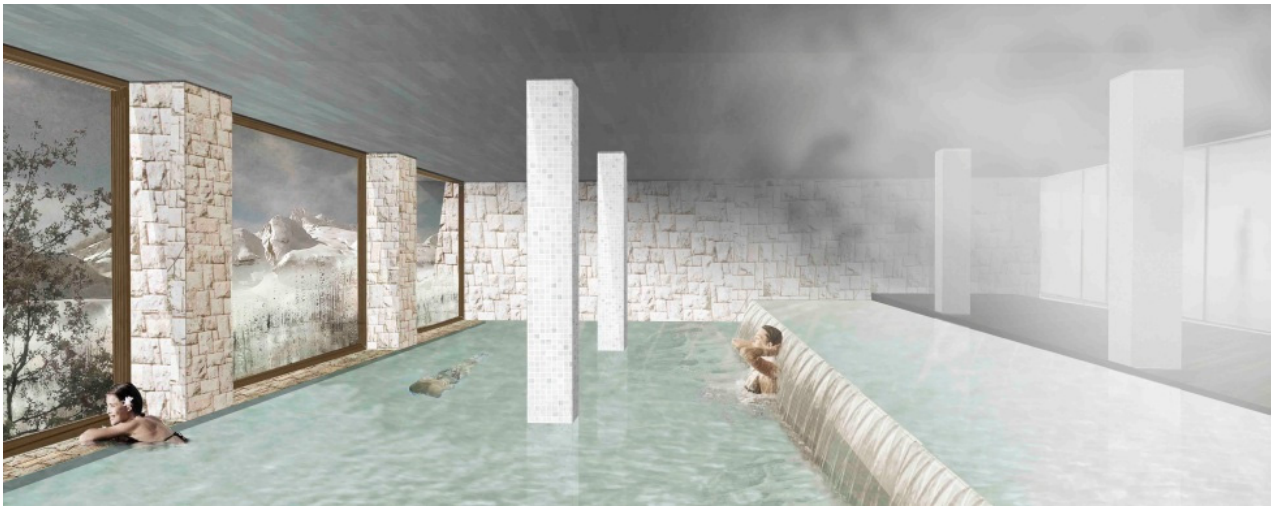


Figura 6. Spa.

Estrategia energética

Desarrollando el proyecto desde la escasez y la racionalización en el consumo de recursos se decide aprovechar al máximo la estructura y la envolvente existentes, obteniéndose un ahorro considerable en recursos y consumo de energía, frente a la construcción de un edificio nuevo. Se realizarán actuaciones para reducir puentes térmicos en la envolvente y las pérdidas a través de ventanas y del sistema de ventilación. Sin embargo, la reducción del consumo de energía no será tan elevada como para permitir alcanzar los estándares de un edificio NZEB sin apostar por una fuente de energía propia y renovable que reduzca el consumo de energía primaria no renovable del inmueble.

Tras analizar varias opciones se plantea la posibilidad de utilizar la energía solar dada la necesidad de renovar la cubierta, y su óptima orientación e inclinación. Sin embargo, esta decisión genera el problema del desacople entre la disponibilidad y la demanda de energía siendo necesaria más energía térmica en el periodo invernal y habiendo mayor radiación disponible en verano. Este problema se soluciona utilizando la acumulación de energía térmica durante largos periodos tal y como hacen los sistemas de acumulación estacional instalados en Dinamarca, Suecia, Alemania o Canadá [Ref. M. Guadalfajara. *Economic and Environmental Analysis of Central Solar Heating Plants with Seasonal Storage for the Residential Sector*. Tesis Doctoral Universidad de Zaragoza, 2016]. Las principales tecnologías disponibles para este tipo de acumulación son las siguientes: i) TTES (Tank Thermal Energy Storage), ii) PTES (Pit Thermal Energy Storage), iii) GWTES (Gravel-Water Thermal Energy Storage) y iv) BTES (Borehole Thermal Energy Storage); planteándose para esta situación una solución tipo TTES instalado en los sótanos como la solución más adecuada por la dificultada de construir otro tipo de acumulador con el limitado espacio disponible.

La viabilidad económica de estos sistemas ha sido discutida en múltiples ocasiones, pero a través de proyectos de demostración se ha logrado el desarrollo de técnicas de construcción de menor coste que permiten alcanzar la viabilidad económica. ABORA Solar tras realizar un pre-dimensionado de la instalación indica que el periodo de retorno de la instalación será inferior a 8 años con una vida útil superior a 20 años. La instalación diseñada por ABORA Solar incluye la integración de paneles híbridos en cubierta capaces de captar tanto energía térmica como electricidad. La energía térmica producida en verano se utilizará para calentar el acumulador estacional que será instalado en el bajo-sótano del edificio. La energía eléctrica generada será utilizada para cubrir tanto las necesidades del edificio como para hacer funcionar la bomba de calor que funcionando contra el depósito estacional generará agua caliente a la temperatura de consigna. Este sistema permitirá utilizar al máximo el recurso solar disponible y generar calor en las condiciones climáticas más severas.

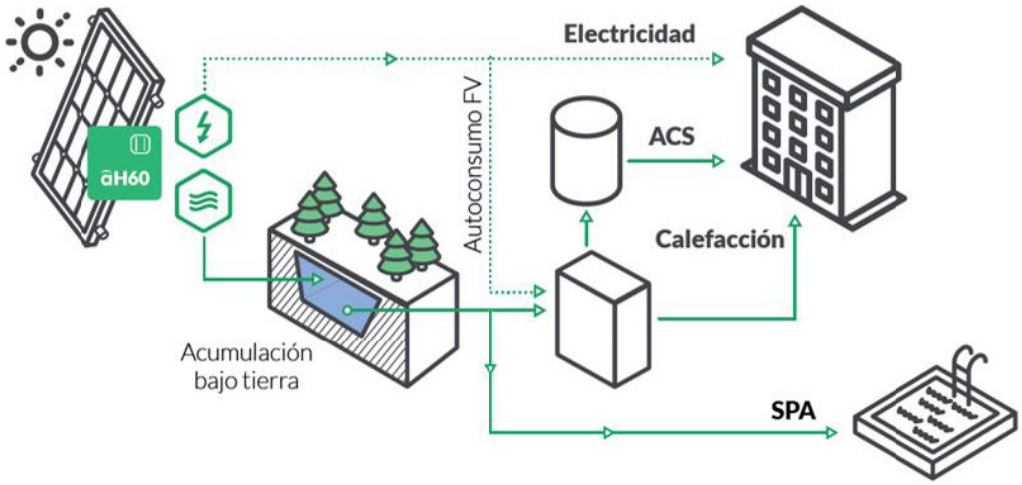


Figura 7. Esquema sistema energético del edificio. Figura de ABORA Solar.

Energía: La sectorización como estrategia

Uno de los objetivos del Plan Director es la eficiencia. Para conseguirla, se plantean además de las intervenciones propuestas arriba, actuaciones no caprichosas y que respondan en cada caso a múltiples necesidades. Si algo sirve para varias cosas a la vez es mejor que si solo sirve para una. Desde esa lógica, sectorizamos el Hotel de manera que cada uno de los sectores propuestos lo sea al mismo tiempo de Incendios, Energético y de Uso.

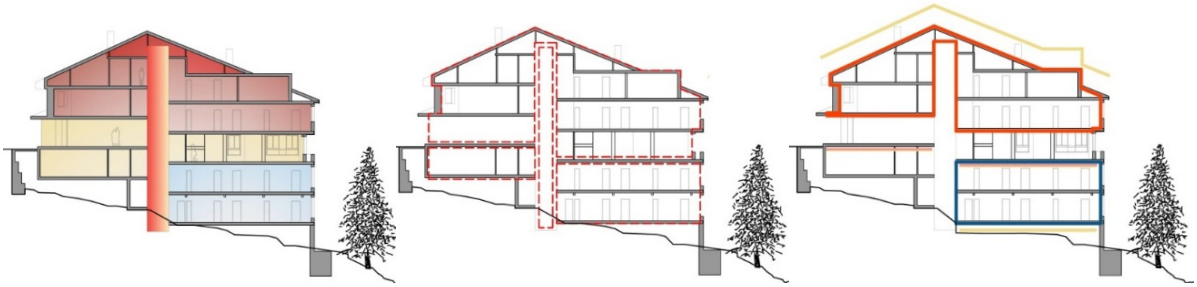


Figura 8. (izq.) Sectores de uso e intensidad (centro) sectores de incendios (dcha.) Refuerzos aislamiento.

Se plantea la sectorización de las plantas -1 y -2. Eso reduciría la superficie total de las plantas baja y alzadas por debajo de 2.500 m2. De esta forma tenemos dos sectores diferenciados de menos de 2.500m2 cada uno. La compartimentación de las plantas -1 y -2 (además de para incendios) es energética, pudiendo funcionar de manera autónoma, y de uso. Dichas plantas se utilizan para albergar a grandes grupos (de escolares y otros) por su capacidad de funcionar de manera autónoma y disponer de habitaciones separadas del resto del hotel, y de los usuarios, por el "colchón amortiguador" que nos ofrece en la planta baja la zona de recepción.

La sectorización energética con refuerzos de aislamiento se produce aprovechando la necesidad de ignifugación de la estructura y en los puntos más sensibles del edificio, de manera que se cruza con ésta de una forma lógica. Proporciona autonomía y uso racional de la energía funcionando de manera separada, según la intensidad del uso, con respecto al resto del hotel.

MEMORIA CONSTRUCTIVA

El Hotel es la suma de dos volúmenes con dos sistemas constructivos distintos. Por un lado el *Volumen Original* construido en 1960. Por otro el *Volumen Ampliación*, cuya construcción se completó años después, hacia 1969. Diversos añadidos posteriores son irrelevantes y está prevista su demolición.

Sustentación del Edificio y Sistema Estructural

El volumen original es una estructura de hormigón armado con la cubierta de madera. Dada la posición en ladera de gran pendiente, junto con la presencia superficial de la roca madre, la cimentación es de grandes zapatas que se adaptan a la pendiente y tienen mucha altura, aunque sin necesidad de gran profundidad en el terreno. Dichas zapatas, individuales para cada pilar, están arriostradas en el sentido paralelo a la ladera. Por el contrario, en el volumen ampliación se adoptó la estructura metálica. Se buscaba la celeridad en los trabajos dado el clima extremo que condiciona la puesta en obra del hormigón. Es una estructura con pilares conformados con 2 IPN empresilladas, y vigas también IPN. Apoyan en grandes muros de cimentación que van longitudinales en el sentido de la máxima pendiente. Ambos volúmenes se levantaron del terreno para dejar discurrir las escorrentías naturales por debajo evitando afecciones del agua a la edificación.

Sistemas de Envolventes y Acabados

En cuanto a las envolventes son ambas iguales en su piel exterior mediante un acabado empanelado de madera horizontal. Ambas son de doble hoja con cámara de aire y aislamiento. Aunque, de manera singular, en el Volumen Ampliación se utilizó el tabicón de Ytong en su hoja interior. No está previsto modificar dicha envolvente, y sí trabajar en la línea de su recuperación y puesta en valor. Lijado y protección del empanelado de madera, necesario tras años de abandono en su mantenimiento.

Sistemas de Acondicionamiento e Instalaciones

Frente a la clara distinción que se puede realizar en los sistemas constructivos, estructural y de envolvente, en ambos volúmenes, con respecto a las instalaciones ambos sistemas se encuentran a día de hoy centralizados.

Calefacción

Una vieja caldera, desde el origen del edificio da servicio a todo el conjunto. La calefacción se resuelve a través de radiadores. El nuevo sistema de calefacción calentará el edificio a través de un sistema compuesto por paneles híbridos, una bomba de calor y un acumulador estacional.

Iluminación

En la actualidad y dado el paso del tiempo y las actuaciones puntuales existen diversos tratamientos de iluminación no eficientes, como la existencia de 100 puntos de luz en el salón principal que está previsto eliminar. El edificio en su fase final utilizará equipos de iluminación con tecnología LED de alta eficiencia.

Automatización y Control

En la actualidad no existe ningún sistema de automatización y control, aunque desde la fase inicial se plantea su instalación como elemento fundamental. Profundizar en la idea de conocer el comportamiento del edificio y poder detectar su evolución a nivel energético es fundamental en un óptimo uso de los recursos. Más si cabe en un edificio con una estacionalidad tan fuerte, donde es necesario saber con precisión qué ocurre en los meses en los que está cerrado -al menos 6 meses de cierre-, frente a aquellos en los que está en funcionamiento.

Energías Renovables in situ o en el entorno

Se estudia -además del uso de paneles híbridos y sistemas de acumulación- la posibilidad de instalar elementos captadores de energía eólica, sin recurrir a los clásicos molinos de grandes aspas para evitar la fuerte afección que estos suponen en entornos naturales como el del Hotel.

PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

El Plan Director se plantea como un documento abierto y flexible, que tiene la capacidad de adaptarse a la evolución propia del Hotel, tanto a nivel de mercado, como de la dependencia de los factores climatológicos, como de la propia estación. Su desarrollo en fases permitirá a la Propiedad tomar decisiones acerca de qué partes del mismo llevar a cabo y en qué momento, pero siempre con la seguridad de que cualquier inversión realizada en el Hotel va en una dirección clara, evitando el tener que deshacer lo ya hecho, o el hipotecar posibilidades de crecimiento. Entendido el crecimiento dentro del potencial que ya tiene el Hotel, y no como ampliaciones.

CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS Y AMBIENTALES

El desarrollo de una arquitectura más sostenible, respetuosa con el medio ambiente y sana para el ocupante requiere de la utilización de herramientas para medir y evaluar los objetivos alcanzados en nuestros proyectos. Las certificaciones sostenibles que evalúan el proyecto de una forma pluridimensional nos permiten evaluar desde prismas diferentes la arquitectura y las cualidades del proyecto y verificar ante nuestros clientes y ocupantes que nuestro edificio cumple estas condiciones.

Dentro de las certificaciones sostenibles, BREEAM y LEED son las que tienen una mayor difusión a nivel internacional teniendo LEED un liderazgo claro en Estados Unidos y América y BREEAM una mayor aplicación en Reino Unido y Europa. En este proyecto se ha optado por certificar bajo el estándar "BREEAM ES Nueva Construcción", adaptación de la certificación BREEAM a los estándares españoles.

Figura 9. Categorías BREEAM de evaluación.

- GESTION: En el desarrollo del proyecto se aplicarán medidas para una gestión responsable del mismo que vele por un correcto desarrollo para todos los involucrados: propiedad, vecinos, usuarios del edificio, trabajadores, personal constructor, etc.
- SALUD y BIENESTAR: Para favorecer el bienestar y la salud de los ocupantes se ha analizado en fase de diseño el confort visual de las habitaciones y espacios. Se ha diseñado el sistema de iluminación utilizando herramientas de simulación para garantizar una correcta iluminación. El sistema de calefacción sectorizado garantiza el confort térmico. También se ha tenido especial cuidado en la selección de acabados para minimizar el nivel de compuestos orgánicos volátiles en habitaciones y espacios del edificio.
- ENERGÍA: El desarrollo de un proyecto de balance neto positivo permitirá alcanzar la máxima puntuación en la categoría de eficiencia energética del edificio. El edificio estará monitorizado y se aplicarán criterios de selección en todas las tecnologías consumidoras del edificio.
- TRANSPORTE: La integración del edificio en la estación desde su concepción con el uso de múltiples entradas facilitando el acceso separado para viandantes, esquiadores y conductores, así como la posibilidad de utilizar transportes colectivos proveerán una positiva evaluación en la certificación.
- AGUA: Se instalarán sistema de detección de fugas que además permitirán minimizar problemas de mantenimiento en un hotel que actualmente está ocupado la mitad del año. También se instalarán sistemas de reducción del consumo de agua en inodoros y lavabos.
- MATERIALES: La selección de proveedores, el uso de materiales reciclados, así como el aprovechamiento de la estructura y envolvente actual permitirá minimizar el consumo de materiales en la rehabilitación.
- RESIDUOS: Desde la Fase I del proyecto se están controlando los residuos generados en obra y se están buscando estrategias para minimizar los residuos en obra.
- USO DEL SUELO Y ECOLOGÍA: Dado el entorno natural privilegiado de este hotel se realizará un estudio de la ubicación por un ecólogo que propondrá medidas para mantener aquellos elementos de mayor valor ecológico y otras medidas que favorezcan el desarrollo de especies vegetales autóctonas.
- CONTAMINACIÓN: El uso de refrigerantes de bajo impacto en la bomba de calor, el control de las aguas de escorrentía durante la obra, la reducción de la contaminación lumínica nocturna y la atenuación de ruidos hará que el edificio tenga un impacto mínimo en el entorno durante la obra y después de esta.

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE UN CENTRO ESCOLAR CON CRITERIOS DE CONSUMO CASI NULO EN LA COSTA CANTÁBRICA

Resumen Proyecto: La Xunta de Galicia y el fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) han promovido la rehabilitación energética del colegio Luís Tobío de Viveiro (Lugo) para adaptarlo a la directiva 2010/31/UE. A través del proyecto arquitectónico se han estudiado las principales patologías energéticas y situaciones de dis-confort que existían en el centro para establecer una estrategia de rehabilitación con la premisa de alcanzar un colegio rehabilitado EECN. Se han planteado actuaciones que mejoran la envolvente térmica, reducen las infiltraciones de aire y aumentan la eficiencia en iluminación con el objetivo final de que los periodos de recuperación de la inversión (payback) fueran inferiores a 20 años y que las emisiones de CO_2 generadas por las actuaciones de rehabilitación se compensaran en menos de 10 años. Se han obtenido interesantes beneficios energéticos y ambientales tales como reducir la "*energía primaria no renovable en edificio público*" en más de 150.000 kWh/m^{2}año (FEDER CO32) y eliminar "*gases efectos invernadero*" superiores a 30 Tn equivalentes de CO_2 (FEDER CO34).

Figura 1. Imagen estado reformado del colegio CEP Luís Tobío rehabilitado energéticamente (Viveiro, Lugo).

DATOS GENERALES PROYECTO	
Nombre:	Colegio CEP Luís Tobío
Emplazamiento:	Paseo do Enxeñeiro Martín Ledesma s/n (Viveiro, Lugo)
Uso Característico Edificio:	Uso escolar. Colegio de Educación Primaria (CEP)
Zona Climática:	D1
Obra Nueva / Rehabilitación:	Rehabilitación
Superficie Total Construida:	2.788 m^2
Fase Proyecto Rehabilitación:	Obra terminada (Fin de obra: 12/09/2018)
Fecha Construcción Edificio:	1.975

MEMORIA DESCRIPTIVA

Agentes del Proyecto

- Promotor: Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria. Xunta de Galicia
- Proyectistas: José Manuel Castro Vázquez
- Dirección Obra: José Manuel Castro Vázquez
- Otros Agentes: Construcciones ANJOCA, Ingeniería INSITU, PHILIPS.

Antecedentes

El centro escolar rehabilitado fue construido en 1.975 a través de un "*proyecto tipo"* que formaban parte del "*Plan de Urgencia de Galicia*".

El edificio escolar objeto de rehabilitación se organiza en torno a un "*atrio central*" que cuenta con los espacios de comunicación y disponiendo las aulas a ambos lados con orientaciones opuestas "*este*" y "*oeste*" (figura 2).

Constructivamente el colegio estaba formado por: forjado sanitario, fachada de doble hoja de ladrillo con cámara de aire, cubierta inclinada sobre tabiques palomeros apoyados en el último forjado y huecos exteriores (puertas, ventanas y atrio) de carpintería de aluminio (sin RPT) y vidrio simple originales.

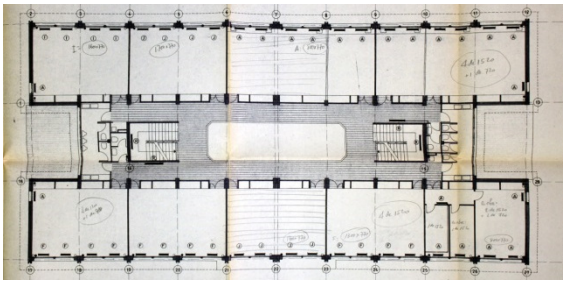


Figura 2. Planta "proyecto tipo" colegio Luís Tobío (1975).

Durante la visita que se realizó al centro escolar se detectaron principalmente tres deficiencias energéticas en la envolvente térmica:

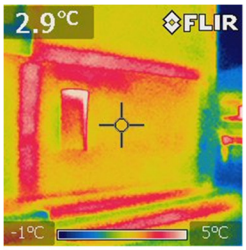
- Puentes térmicos.
- Falta de estanqueidad al aire de las carpinterías.
- Malas prácticas de ventilación natural. Baja ventilación en aulas y excesiva en baños.

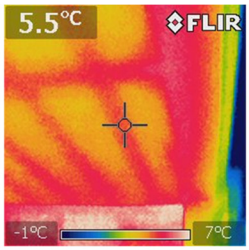
En la termografía 01 (figura 3), se visualizan 3 puentes térmicos característicos del periodo constructivo en el cuál se edificó el centro escolar: frentes de forjado, pilares y solera sin aislamiento.

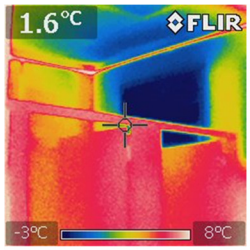
En la termografía 02 (figura 4) se visualiza otro punto crítico muy repetido en los colegios de esos años, se trata de los forjados en contacto con el exterior los cuáles están sin aislamiento. Se realizan mediciones de calor en este punto de la envolvente térmica próximas a los 8ºC mientras que la fachada exterior del edificio estaba a 0ºC. Esta patología energética provocaba importantes situaciones de falta de confort para los niños que se encontraban encima del forjado tales como: "*pies fríos" y "asimetrías de temperatura"*.

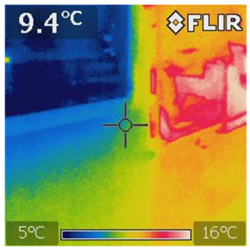
La termografía 03 (figura 5) se realiza desde el interior y escenifica una mala práctica de ventilación. En los espacios comunes tales como aseos, se solía tener las ventanas abiertas de manera continua para evitar olores. Esta práctica era muy ineficiente ya que se producía una entrada de aire frío (-3ºC) y una imposibilidad para alcanzar estabilidad térmica y confort en el interior del colegio.

En la termografía 04 (figura 6) se visualiza la baja estanqueidad al aire de las carpinterías que existían en el edificio antes de la rehabilitación. Se midió la entrada de aire del exterior a una temperatura de 5ºC cuando las aulas debían estar a una Tª operativa de 21ºC. Esta patología provocaba que los alumnos próximos a las ventanas tuvieran bajo confort térmico debido a las infiltraciones de aire no controladas que se producían a través de las carpinterías. Además, las ventanas que existían estaban formadas por vidrios simples que tienen una baja resistencia térmica y este aspecto provocaba de nuevo "*asimetrías de temperatura*" muy significativas entre paramentos de una misma aula.









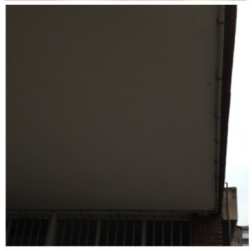
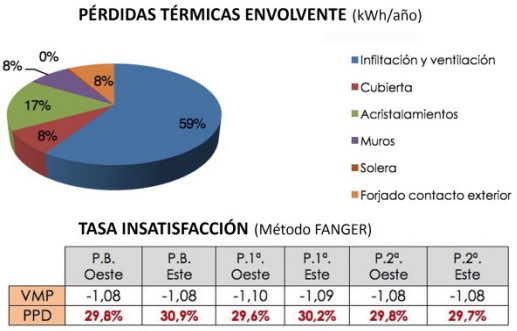


Figura 3. Termografía 01. *Figura 4. Termografía 02.* *Figura 5. Termografía 03.* *Figura 6. Termografía 04.*

Se cuantificó que en el estado actual las "*infiltraciones no controladas de aire"* suponían el 59% de las pérdidas térmicas totales, mientras que, la baja resistencia térmica de los vidrios existentes, producían pérdidas del 17% (figura 7). Ambos datos permitieron establecer la sustitución de las carpinterías como una medida prioritaria para alcanzar un colegio rehabilitado EECN. Los forjados al exterior concentraban en una pequeña parte de la envolvente térmica un 8% de las pérdidas totales, mientras que a través de fachada se producía también un 8% de las pérdidas. Se trataba de dos partes de la envolvente cuya intervención mejoraría el confort térmico interno de los usuarios al eliminar las patologías energéticas de "*pies fríos*" y "*asimetrías de temperatura*" interiores entre paramentos.

El análisis sobre el confort térmico que existía en el interior del colegio antes de la rehabilitación (figuras 8 y 9) presentaba conclusiones interesantes tales como:

- Las aulas con mejor comportamiento eran las ubicadas en planta baja debido a que existía menor salto térmico entre el interior y exterior al estar en contacto con el terreno. En contraposición, las aulas con peor comportamiento eran las ubicadas en planta primera y con forjados al exterior.
- Existía una escasa "estabilidad térmica" en el interior del colegio a lo largo del día. Las temperaturas a primera hora eran bajas (16-17ºC) debido a que no existía una buena conservación de energía durante la noche (ausencia aislamiento) y en consecuencia era difícil alcanzar en semanas de frío la temperatura de 21ºC. También existían importantes diferencias térmicas de 2ºC entre aulas con distinta orientación a la misma hora.



	P.B. Oeste	P.B. Este	P.1º. Oeste	P.1º. Este	P.2º. Oeste	P.2º. Este
VMP	-1,08	-1,08	-1,10	-1,09	-1,08	-1,08
PPD	**29,8%**	**30,9%**	**29,6%**	**30,2%**	**29,8%**	**29,7%**

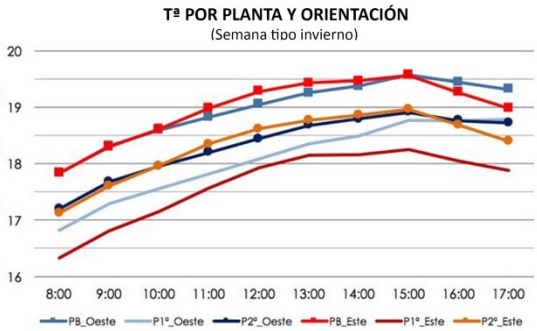


Figura 7. Pérdidas térmicas actuales y tasa insatisfacción. *Figura 8. Distribución temperaturas actuales interiores.*

Descripción del Proyecto

Las estrategias de rehabilitación energética planteadas se apoyaban en las conclusiones obtenidas a través de la tesis doctoral realizada por el autor del proyecto en el año 2017 y que trataba sobre rehabilitación energética de centros

escolares bajo criterios de edificios nZEB. En primer lugar, se realizó un estudio individualizado de cada parte de la envolvente para verificar la actuación más viable y su espesor eficaz. Se analizaron las siguientes posibilidades:

- Fachada: trasdosado por el interior, inyección en cámara o sistemas SATE.
- Cubierta: aislamiento en cara superior del forjado bajo cubierta o en faldones.
- Forjados: falso techo con lana mineral (LW).
- Huecos: incorporar doble ventanal o sustituir el hueco (variantes de carpintería y vidrio).

En segundo lugar, se establecieron 3 tipos de estrategias: "*mínima, máxima y óptima*" (tabla I):

ESTRATEGIA	FACHADA	CUBIERTA	FORJADO	HUECOS	INSTALACIONES
Mínima	***E1.****Trasdosado LW 40mm*	***E2.*** *LW 40mm*	***E3.*** *Falso techo LW 40 mm*	***E4.*** *Doble ventanal*	-
Máxima	***B1.*** *SATE 200mm*	***B2.*** *LW 200mm*	***B3.*** *Falso techo LW 200mm*	***B4.*** *PVC (B.E.) 8/16/4+4*	***I1.*** *LED + Detector presencia/lumínico* ***B5.****Caldera condensación*
Óptima	***01.*** *Inyección cámara 40mm*	***02.*** *LW 100mm*	***03.*** *Falso techo LW 80mm*	***04.*** *Aluminio 4/14/3+3*	***I1.*** *LED + Detector presencia/lumínico*

Tabla I. Actuaciones individualizadas de cada estrategia de rehabilitación energética (mínima, máximo y óptima).

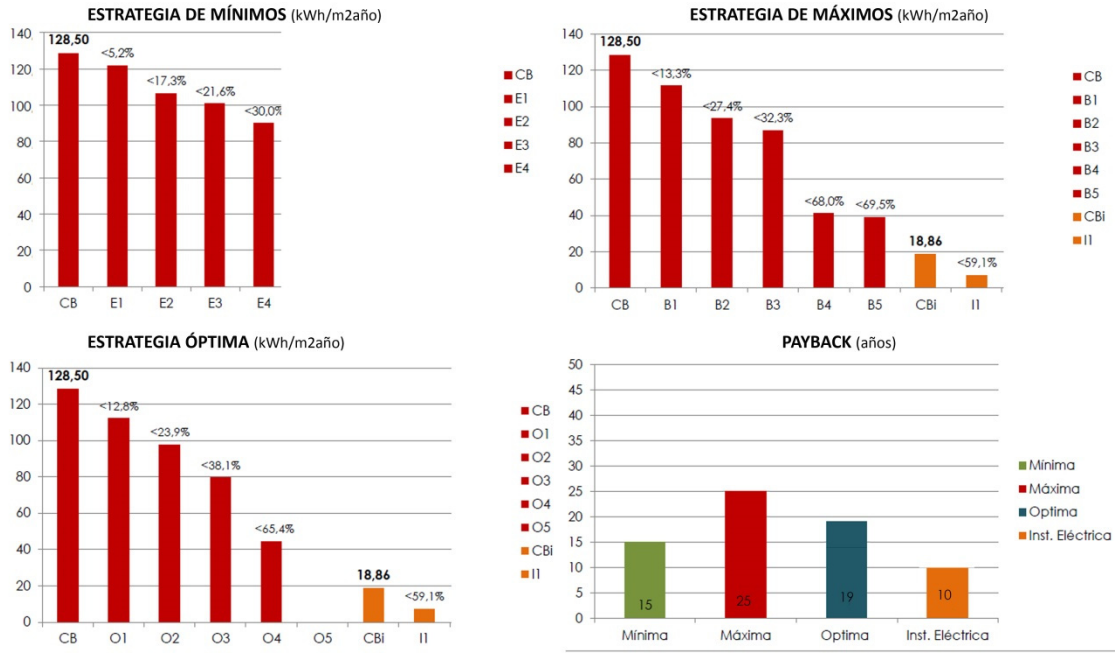


Figura 9. Gráficas de ahorro energético estrategias mínima/máxima/óptima y payback inversión.

Se escogió la "*estrategia óptima*" como solución de mayor viabilidad desde un punto de vista técnico y económico. Se alcanzaron ahorros en el consumo de calefacción del 65% con periodos de recuperación de la inversión (payback) de 19 años. En cuanto a las actuaciones en iluminación (luminarias LED y detectores presencia/intensidad) los ahorros eran del 59% y payback de 10 años. Se demostró que la rehabilitación energética era factible con un payback coherente (inferior a 20 años) para un edificio escolar con más de 40 años (figura 10, tablas 2/3).

Análisis energético de la rehabilitación energética

Al analizar cada actuación y compararla con su coste de ejecución (PEM), se puede afirmar que la *"sustitución de los huecos*" era la actuación más costosa (105.960 €) pero el ahorro energético que generaba debido al aumento de resistencia térmica y estanqueidad era del 30% respecto al estado actual. Se concluyó que para realizar una

rehabilitación energética en arquitectura escolar es totalmente necesario actuar en los huecos existentes para alcanzar edificios rehabilitados EECN. Las "*actuaciones en iluminación*" eran las segundas más costosas (62.155 €) pero permitió ahorros en consumo eléctrico superiores al 50%. Aun así, se concluyó que para obtener edificios rehabilitados EECN en arquitectura escolar es necesario implementar medidas de auto-consumo (instalación fotovoltaica) ya que el consumo eléctrico anual (3.840€) después de la rehabilitación sigue siendo elevado en esta tipología y sólo con medidas de este tipo se alcanzará el edificio EECN. Las actuaciones de aislamiento en cubierta y fachada tenían un coste medio de 16.000€ cada una pero permitían ahorros en calefacción superiores al 10%. Aún así, la actuación que generaba un ahorro más significativo en base a su bajo coste es la mejora de "*aislar la cara inferior de los forjados"* ya que con un PEM de 6.531 € generó un ahorro del 15%.

Análisis confort de la rehabilitación energética

El análisis comparativo sobre el confort higrotérmico entre el estado actual y el estado reformado del colegio CEP Luís Tobío ha permitido obtener las siguientes conclusiones basándose en las gráficas de distribución de temperatura (figura 10 y 11):

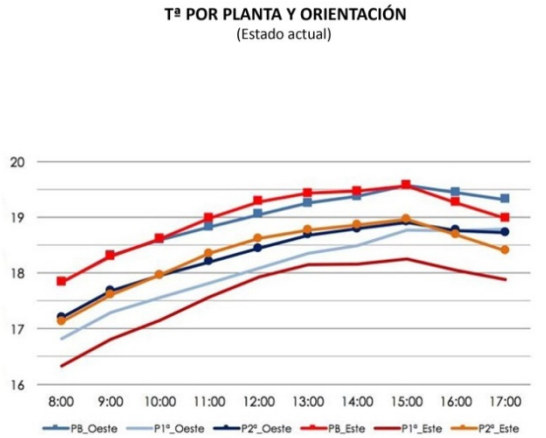


Figura 10. Distribución Tª estado actual.

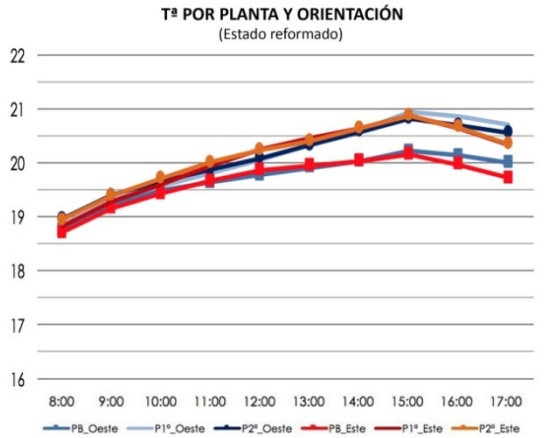


Figura 11. Distribución Tª estado reformado.

- Después de la rehabilitación se detecta que existe mayor estabilidad térmica en el interior del colegio a lo largo del día, ya que no hay grandes oscilaciones térmica entre aulas con distinta orientación. En el estado reformado las variaciones térmicas se dan al final del día (17:00) debido al efecto de la radiación solar y la mejor conservación de la energía después de la rehabilitación.
- Actualmente existe una mejor conservación de la energía a lo largo de la noche ya que no se produce pérdidas térmicas tan elevadas con las mejoras de aislamiento. Esto se traduce en una mayor temperatura a primera hora del día (hasta más de 3ºC con respecto al estado actual) y en una mayor rapidez para alcanzar la temperatura de confort en el interior de las aulas.
- El centro escolar rehabilitado tiene un mejor comportamiento térmico, ya que las actuaciones de aislamiento y sustitución de huecos permiten reducir las infiltraciones de aire y pérdidas por transmisión térmica lo que favorece una mayor conservación de la energía y que los sistemas de calefacción sean más efectivos. En consecuencia, la temperatura interior a lo largo del día es de hasta 2ºC superior al estado actual.

MEMORIA CONSTRUCTIVA

Envolvente térmica

Inyección en cámara

Se planteó una solución de inyección en cámara debido a que la fachada original era de ladrillo caravista y funcionaba bien tanto constructivamente como higrotérmicamente en un clima húmedo como el de Viveiro. La solución se basó en un sistema de "*perlas expandidas*" con adhesivo inyectadas a presión lo que generaba un aislamiento rígido y continúo en la cámara de aire existente (40mm). La solución constructiva original era: ½ pie de ladrillo caravista +

cámara aire + tabicón LHD + enlucido, con un valor de transmitancia térmica de U:1,88 W/m^2 ºK . Con la solución de rehabilitación energética se alcanzó un valor de U:0,54 W/m^2 ºK que cumplía con CTE (figura 12).

Figura 12. Estado reformado inyección en cámara perlas poliestireno.

Aislamiento cubierta

Se colocó una *"manta"* de lana de roca de 100mm (λ: 0,039W/mºK) en la cara superior del forjado en contacto con el bajo cubierta que está sin climatizar. El objetivo era limitar la transferencia de calor desde el interior de las aulas de la última planta hacia la parte superior del edificio. Esta parte de la envolvente tenía una transmitancia de U: 3,22 W/m^2 ºK que se mejoró a U: 0,38 W/m^2 cumpliendo CTE.

Aislamiento forjado en contacto con el exterior

El colegio cuenta en planta baja con 2 zonas de porche de 190m^2 (23% superficie de forjado planta 1ª) por lo que se planteó una fijación en la cara inferior del forjado mediante panel rígido de roca volcánica de 80mm y un falso techo continuo (figura 14). La solución constructiva original tenía una transmitancia térmica de U: 2,33 W/m^2 ºK, mientras que con la intervención se alcanzó un valor de U: 0,34W/m^2 ºK.

Figura 13. Estado reformado aislamiento cara inferior forjado "zona porches". LW 80mm+falso techo.

Sustitución hueco y aislamiento capialzado

Las ventanas y puertas originales eran de carpintería metálica de aluminio (sin RPT) con sistema de apertura corredera y vidrio simple. Fueron sustituidas por una solución de mayor estanqueidad formada por carpinterías de aluminio con RPT y doble acristalamiento 4/14/3+3. También se realizó un trasdosado con lana mineral (100mm) y aplacado de yeso para aislar el hueco del capialzado existente.

Figura 14. Estado actual y reformado huecos.

Iluminación y sistema de control

Se plantearon luminarias tipo LED con regulación de intensidad lumínica en aulas y detector de presencia en zonas comunes. En las aulas se dispusieron 3 filas paralelas a la ventana con apagado y encendido independiente para regular la intensidad de luz según la necesidad de cada zona (figura 15).

Figura 15. Estado reformado aulas con 3 filas de paneles tipo LED y detector lumínico. Especificación luminaria.

PRESUPUESTO

Viabilidad económica. Actuaciones envolvente térmica

	Demanda (kWh/m²año)	***Consumo*** (kWh/m²año)	***Gasto Anual***	***Ahorro Anual***	***Inversión***	***Amortización*** (años)
Estado actual	101,52	128,50	23.509 €			
Int. Mínima	71,03	89,91	16.451 €	7.058 €	102.602 €	15
Int. Máxima	32,50	39,16	7.164 €	16.346 €	407.685 €	25
Int. Óptima	**35,12**	**44,46**	**8.133 €**	**15.376 €**	**287.145 €**	**19**

Tabla II. Ahorro energético anual y payback de las estrategias de rehabilitación.

Viabilidad económica. Actuaciones instalaciones

	Consumo (kWh/m²año)	***Gasto Anual***	***Ahorro Anual***	***Inversión***	***Amortización*** (años)
Estado actual iluminación	18,86	10.035 €			
Intervención	**7,72**	**3.840 €**	**6.195 €**	**62.155 €**	**10**

Tabla III. Ahorro energético anual y payback de las actuaciones energéticas sobre iluminación.

Periodo de compensación tasa emisiones CO_2. Estado reformado

Tasa Emisiones CO_2 Estado actual ($kgCO_2$ año)	*Tasa Emisiones CO_2 Estado reformado* ($kgCO_2$ año)	Emisiones Generadas Estrategia de rehabilitación ($kgCO_2$ año)	Periodo de Compensación (años)
57.585	**22.773**	**228.000**	**7**

Tabla IV. Periodo de compensación de la tasa de emisiones de CO2 del proceso de rehabilitación.

La reducción de emisiones de CO_2 que se produjo con la rehabilitación entre "*estado actual*" y "*estado reformado*", ha permitido que se compensen en sólo 7 años las emisiones generadas durante la fabricación y construcción.

- Inyección en cámara 30mm (perlas de EPS).
- Aislamiento cara superior forjado (LW100mm).
- Aislamiento falso techo en forjados exteriores (LW80mm).
- Sustitución de los huecos existentes (aluminio con RPT 4/14/3+3).

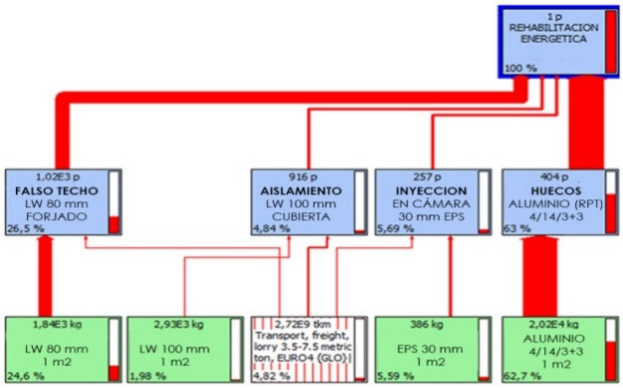


Figura 16. Análisis ACV actuaciones energéticas.

Al analizar el impacto ambiental mediante un "análisis de ciclo de vida" (ACV), se detectó que el mayor impacto en la rehabilitación se produjo con la "sustitución huecos por carpintería aluminio 4/14/3+3", superior al 60% (figura 16). Se han estudiado otras alternativas como carpinterías de PVC y madera; pero aunque ambas generarían menor impacto se ha primado una carpintería en aluminio por el escaso mantenimiento que tendría.

CUMPLIMIENTO DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

INDICADORES		
Consumo Energía Primaria no renovable:	**120,20 kWh/m²año**	**(CALIFICACIÓN C)**
Demanda Calefacción:	68,00 kWh/m²año	(CALIFICACIÓN F)
Demanda Refrigeración:	3,60 kWh/m²año	(CALIFICACIÓN A)
Emisiones CO2 Edificio:	**29,30 $KgCO_2/m^2$año**	**(CALIFICACIÓN C)**
Reducción consumo. C032= (Consumo EPNR) inicial-final	**168.960 kWh/año**	
Reducción gases efecto invernadero. C034= (Consumo CO_2) inicial-final	**34,80 Tn eq CO_2 año**	

NUEVO COMPLEJO EMPRESARIAL DE 39000 M2 Y 1240 PLAZAS DE APARCAMIENTO EN MADRID, LEED PLATINUM Y DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO TORRE RIOJA-MADRID

Resumen Proyecto: La inmobiliaria TORRE RIOJA MADRID se marcó el reto de diseñar y construir edificios funcionales, confortables, eficientes y respetuosos con el medio ambiente, utilizando para ello las tecnologías más innovadoras del mercado a nivel mundial. El edificio OM∞ no sólo se postula como el complejo empresarial en construcción más grande de la capital, sino que, con las prestigiosas pre-certificaciones obtenidas LEED PLATINUM y A+ del modelo AEO, también será uno de los más funcionales, eficientes y sostenibles del país. Para lograrlo, dispondrá de un amplio abanico de energías renovables, maximizará la eficiencia energética y reducirá el consumo de agua. OM∞ consta de dos edificios unidos mediante un espectacular atrio donde se sitúan los accesos a plantas y los núcleos de comunicación. En la planta baja se ubicará una innovadora área destinada a fomentar el bienestar y cohesión entre personas: un entorno relajado con jardines interiores para dar cabida a salas de reuniones, coworking, visitas y una amplia zona de afterwork.

Figura 1. Nuevo edificio OM∞, de TORRE RIOJA.

DATOS GENERALES DEL PROYECTO	
Emplazamiento:	Calle de Julián Camarillo, 29-31, 28037 Madrid GPS: 40°26'06"N 3°37'39"W
Uso Característico Edificio:	Administrativo
Zona Climática:	D3
Obra Nueva / Rehabilitación:	Obra nueva
Superficie Total Construida:	79.000 m^2 (39.000 m^2 sobre rasante más 40.000 m^2 bajo rasante)
Fase del Proyecto:	En construcción (disponible en 2019)

MEMORIA DESCRIPTIVA

El edificio OM∞ pretende convertirse en el primer gran centro empresarial de España de consumo energético casi nulo. Contará con 39.000 m^2 de oficinas sobre rasante y 40.000 m^2 de aparcamiento subterráneo para dar cabida a 1.240 plazas de aparcamiento, de las cuales tendrá reservadas unas 100 para vehículos eléctricos, de bajas emisiones y personas de movilidad reducida.

Figura 2. Oficina abierta tipo.

La zona de oficinas estará compuesta por dos edificios de cinco plantas, prácticamente simétricos, con dos amplias terrazas de 230 y 1.500 m^2 en su planta alta, zonas ajardinadas y todo tipo de comodidades que favorecerán el trabajo y la convivencia entre empleados.

Agentes del Proyecto

Para la consecución de los objetivos propuestos, la Propiedad trabaja con el siguiente equipo de expertos, entre otros:

- Promotor: TORRE RIOJA-MADRID, S.A.
- Proyectistas:
  - Arquitectura: Astecar Consultores, S.L.
  - Ingeniería: R. Úrculo Ingenieros Consultores, S.A.
  - Control de calidad & Commissioning: Gabriel Martín Ingenieros Consultores
- Dirección Obra: TORRE RIOJA-MADRID, S.A.
- Otros Agentes:
  - Certificaciones
    - LEED: CBRE
    - WELL: HOMUproject
    - AEO
  - Cerramientos:
    - Permasteelisa: fachadas activas y persianas automáticas para el sombreamiento del edificio
  - Energías renovables:
    - Geotermia Vertical: instalaciones de geotermia
    - LM8 Solar: instalaciones fotovoltaicas
    - Viessmann: instalaciones solares térmicas
    - Pelletech: instalaciones de biomasa
  - Equipamiento de muy alta eficiencia:
    - Grupo Lledó: iluminación LED con seguimiento del ciclo circadiano de las personas
    - Climaveneta: enfriadoras con compresores inverter de levitación magnética con agente refrigerante ecológico HFO
  - Sistemas de control centralizado:
    - Sauter: sistemas domóticos para la gestión de instalaciones electromecánicas y la energía
    - Zumtobel Group: sistemas domóticos para el control de la iluminación y persianas
  - Otros:
    - Nunsa: instalaciones de fontanería y saneamiento con captación y reaprovechamiento de aguas pluviales y grises

Antecedentes

Tras la rehabilitación integral realizada de los dos inmuebles de la Avenida de América de Madrid, con más de 45.000 m^2 sobre rasante y 760 plazas de aparcamiento, TORRE RIOJA se convierte en la primera empresa de España con dos edificios de oficinas con certificación LEED PLATINUM. Además, el edificio del número 81 consiguió dicha certificación LEED Platinum con 97 puntos, lo que lo sitúa en la categoría Core & Shell como el primero de Europa y segundo del mundo.

Figura 3. Primera empresa en España con dos edificios de oficinas con certificación LEED PLATINUM. Edificios AA81 y AA79.

Otras certificaciones y reconocimientos:

- "TORRE RIOJA obtiene los dos primeros sellos A+ de AEO en España", en sus edificios AA81 y AA79.
- Calificación energética de ambos edificios (AA79 y AA81): A+
- "Premio a la Mejor Rehabilitación", por la Asociación Española de Oficinas (AEO). Edificio AA81.
- "Premio a la Mejor Gestión Energética Realizada", por la Asociación de Empresas de Eficiencia Energética (A3e). Edificio AA81.
- "Premio a la Mejor actuación de mejora energética en materia de Energías Renovables y/o Eficiencia Energética", por la Asociación de Agencias Españolas de Gestión de la Energía (EnerAgen). Edificio AA81.
- "Premio a la Mejor Rehabilitación energética de edificios en la Comunidad de Madrid", por la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (Fenercom). Edificios AA81 y AA79.
- Premio a TORRE RIOJA como "Empresa más innovadora de 2016", por la Asociación Española de Oficinas (AEO).

Los edificios AA79 y AA81 de TORRE RIOJA se convierten ahora en la referencia a batir para el presente proyecto, en la búsqueda incesante de nuevos límites de sostenibilidad, eficiencia energética y bienestar interior. El edificio OM∞ contará con todo tipo de fuentes de energía renovable y de una eficiencia energética mejorada gracias a las nuevas innovaciones tecnológicas incorporadas, bajo el reto de convertirlo, posiblemente, en el primer gran centro empresarial de España de consumo energético casi nulo.

Descripción del Proyecto

El complejo empresarial OM∞ consiste en cuatro niveles de oficinas distribuidas en dos edificios, unidos mediante un amplio atrio acristalado, más una planta baja destinada a usos varios y tres sótanos de aparcamiento con capacidad para 1.240 plazas de aparcamiento. En la planta baja se ubicarán locales comerciales y espacios con jardines interiores para dar cabida a reuniones, coworking, visitas y afterwork.

Prestaciones del Edificio

El edificio ofrecerá numerosos detalles de calidad, confort, sostenibilidad y eficiencia, entre los que podemos destacar las siguientes:

- Climatización silenciosa, libre de corrientes de aire y de alta eficiencia mediante “vigas activas”.
- Enfriadoras con compresores inverter de levitación magnética, condensadas por agua procedente de torres de refrigeración.
- Sistema de monitorización y control de la calidad del aire, el cual adapta el caudal de ventilación en cada estancia para garantizar una calidad óptima en todo momento a la vez que se consigue reducir el volumen total de ventilación -y su consumo energético correspondiente- más de un 60% con respecto a un sistema de ventilación a caudal constante.
- Unidades de tratamiento de aire equipadas con filtros de polarización activa, que permiten atrapar la práctica totalidad de las partículas contaminantes del aire exterior para ofrecer un aire interior limpio y saludable.
- Ascensores de máxima eficiencia energética con recuperación de energía.
- Escaleras mecánicas en todas las plantas.
- Aparcamiento para 80 bicicletas, con vestuarios y duchas.

MEMORIA CONSTRUCTIVA

El diseño de la estructura del edificio seguirá la línea de los proyectos anteriores: el edificio se sustentará en pilares de hormigón armado y forjados tipo losa, excepto los pilares perimetrales exteriores que serán de acero.

Sistemas de Envolventes y Acabados

- Fachada activa ventilada de doble piel multicapa con vidrios extra-claros, para un alto aislamiento térmico y acústico (U_{global} = 1,01 W/m^{2}K y 50 dB(A) de atenuación acústica) y eliminar la sensación de ‘pared y pies fríos’.
- Persianas automáticas interiores con regulación individual para evitar deslumbramientos y reflejos, a la vez que permiten la entrada de luz solar indirecta para mejorar el confort interior y ahorrar energía. Excelente iluminación natural en todos los espacios.
- Persianas automáticas exteriores con regulación individual para evitar un calentamiento excesivo de las fachadas en las que incide el sol en verano, reduciendo la necesidad de uso del aire acondicionado.
- Regulación individual de cada una de las 9.500 luminarias LED de alta eficiencia con tecnología circadiana, en función de la iluminación real de cada ambiente.

Figura 4. Fachada activa con persianas automáticas. Fuente: TORRE RIOJA. Edificio AA79.

Sistemas de Acondicionamiento e Instalaciones

Calefacción

La calefacción del edificio se realizará mediante una red perimetral de 690 convectores de suelo, en todas las plantas del edificio, así como por suelo radiante en el atrio central. La producción principal de calor recaerá en cuatro calderas de condensación a gas de alta eficiencia con una potencia total de 2.000 kW. Adicionalmente, se utilizará una caldera de biomasa de 200 kW y una bomba de calor geotérmica de 220 kW. Los recursos renovables tendrán prioridad de funcionamiento, por lo que funcionarán de forma continua durante prácticamente toda la temporada de invierno, contribuyendo con hasta el 50% de la demanda total anual de calefacción.

Refrigeración y Ventilación

La refrigeración y ventilación del edificio se realizará mediante 2.360 "vigas activas", las cuales ofrecen un servicio de climatización del máximo confort, silencioso, libre de corrientes de aire y de muy alta eficiencia energética. Operan con agua fría a 14 °C, por lo que maximizan la eficiencia de producción de frío y permiten trabajar en modo free-cooling mientras la temperatura exterior resulte inferior a 18 °C, lo cual supone un enorme ahorro en enfriadoras y sus bombas asociadas durante 1.800 horas anuales. Además del empleo de la instalación de geotermia, la producción principal de frío recaerá en tres enfriadoras con compresores inverter de levitación magnética con refrigerante ecológico HFO, con una potencia frigorífica de 3.150 kW.

La disipación del calor se realizará en tres torres de refrigeración que, además, permitirán aportar toda la refrigeración gratuita que demande el edificio durante el invierno y temporadas intermedias en modo free-cooling, permitiendo un importante ahorro energético adicional.

Figura 5. Compresores inverter de levitación magnética con refrigerante ecológico HFO. Fuente: TORRE RIOJA. Edificio Oficor.

Las unidades de tratamiento de aire están dotadas de recuperadores rotativos higroscópicos de alta eficiencia y controlarán el caudal necesario de ventilación en cada momento y estancia para permitir una calidad interior óptima con el mínimo consumo energético.

Iluminación

Se instalarán 9.500 luminarias LED de alta eficiencia y tecnología circadiana para lograr el máximo ahorro energético y bienestar de los trabajadores.

Automatización y Control

Para lograr un funcionamiento coordinado y la máxima eficiencia y confort para los usuarios se implantará un sistema de gestión centralizado (BMS) con un módulo de gestión energética (EMS) y un sistema dedicado para el control de la iluminación y persianas (LCS), con más de 40.000 puntos de control.

Para poder monitorizar todos los tipos de consumos de energía y agua se dispondrá de más de 200 contadores distribuidos para realizar un reparto de costes detallados de energía, agua y gas. Cada una de las 30 oficinas dispondrá de contadores de electricidad, energía térmica de frío y calor; ACS, AF y agua reciclada; además de los contadores de las máquinas de producción, CGBT, ascensores, recarga de vehículos eléctricos, etc.

Eficiencia y Recuperación de agua

OM∞ será también respetuoso con el medioambiente en todo lo relativo al consumo de agua:

- Toda la grifería y los sanitarios estarán certificados para poder reducir el consumo hasta en un 50%.
- Las instalaciones de saneamiento permitirán aprovechar el agua de lluvia y dar un segundo uso al agua de los lavabos y de purga de las torres de refrigeración, con lo que se pretende reducir la demanda final de agua hasta en un 20% adicional.
- Se emplearán sistemas de riego por goteo para reducir el consumo de agua en arbustos, setos y enredaderas.

Como ilustración de todo lo anterior, con toda el agua ahorrada por el edificio se podría llenar una piscina olímpica de 50 metros de largo, cada tres meses.

Energías Renovables *in-situ*

El edificio OM∞ será líder en el empleo y diversidad de energías renovables, por medio de los siguientes tipos de energías renovables:

Figura 6. Perforación geotérmica.

Geotermia

TORRE RIOJA empleará por primera vez la geotermia en este edificio de oficinas de consumo casi nulo. La bomba de calor de 240 kW con recuperación de calor permitirá un enorme ahorro energético -especialmente en calefacción- y además aprovechará las demandas simultáneas de frío y calor durante todo el invierno y temporadas intermedias. Esta instalación de geotermia será la primera en arrancar y la última en parar -siempre que las condiciones lo permitan- por lo que está previsto que opere más de 4.000 horas anuales para lograr una producción combinada de hasta 600 MWh en régimen de calefacción y 475 MWh en refrigeración.

El campo de captación está formado por 30 pozos de 135 m de profundidad, cuyas sondas geotérmicas utilizadas consisten en un tubo de polietileno continuo PEXa de doble U y diámetro de 32 mm.

Biomasa

La caldera de biomasa de 200 kW será, sin duda, junto con la geotermia, la gran apuesta en materia de energías renovables que utilizará TORRE RIOJA en el edificio OM∞. La biomasa que se pretende utilizar será madera de olivo procesada, pudiendo llegar a consumirse más de 15 toneladas mensuales durante la época de invierno, para producir de forma renovable unos 300 MWh durante toda la temporada.

Energía solar fotovoltaica para 100% autoconsumo

En una primera fase se instalarán 100 kW de paneles solares fotovoltaicos para autoconsumo, con la previsión de realizar una próxima ampliación de potencia hasta los 160 kW aprox. y cubrir toda la cubierta.

Figura 7. Planta solar fotovoltaica instalada en el último proyecto de TORRE RIOJA, edificio AA79, de 88 kW. En OM∞ será extrapolada y

Energía solar térmica y aerotermia para producción de ACS

El consumo de energía para el calentamiento de agua sanitaria será también casi nulo, gracias a la captación solar térmica y a la bomba de calor de apoyo con refrigerante R-744 (CO_2). Se pretende que el 60% de la demanda anual (126 MWh) quede cubierto mediante energía solar y el 40% restante mediante aerotermia de muy alto COP, empleando para ello un total de -tan solo- 15 MWh eléctricos al año.

PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

El presupuesto total de ejecución asciende a 52 millones de euros, con un periodo de amortización de 10 años en las instalaciones y 50 en la construcción. La viabilidad económica del proyecto queda asegurada mediante fondos propios de la Propiedad.

CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS Y AMBIENTALES

Siguiendo la estela de los anteriores proyectos, el presente edificio cuenta ya con la pre-certificación LEED Platinum en la categoría *Core & Shell*, certificación energética A y pre-certificación A+ en el modelo AEO, a la espera de conseguir la certificación definitiva. Además, TORRE RIOJA, en su esfuerzo por la búsqueda de la excelencia, está trabajando para obtener también la certificación WELL GOLD en la misma categoría, cerrando de esta manera el círculo de la eficiencia energética, la sostenibilidad, el bienestar y la salud de sus ocupantes.

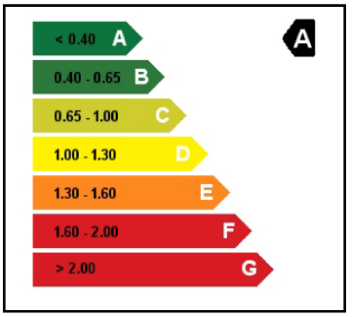


Figura 8. Certificación energética del edificio.

CUMPLIMIENTO DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

INDICADORES	
Consumo Energía Primaria no renovable:	4.440 MWh/año = 375 tep/año; que se desglosan de la siguiente forma: - 1.800 MWh/año en energía eléctrica (excluidos los consumos operativos propios del inquilino) - 600 MWh/año en gas natural Fuente de los factores de conversión: IDAE
Demanda Calefacción:	1.500 MWh/año
Demanda Refrigeración:	2.100 MWh/año
Aporte Renovables:	Energía solar fotovoltaica: ..... 160 MWh/año Geotermia: ..... 600 MWh/año en modo calefacción 475 MWh/año en modo refrigeración Biomasa: ..... 300 MWh/año Energía solar térmica (ACS): ..... 76 MWh/año Aerotermia: ..... 50 MWh/año Free-cooling: ..... 450 MWh/año
Emisiones CO_2 Edificio:	Emitidas: 560 Tn CO_2/año. Ahorradas con Energía Renovables: 400 Tn CO_2/año, que equivalen a **1.350 árboles plantados al año**.
Otros:	Consumo de agua: 20.000 m^3/año, de los cuales 4.000 m^3/año provienen de aguas recicladas y pluviales (20%).

IMÁGENES DEL PROYECTO

Figura 9. Vista exterior desde calle Alfonso Gómez.

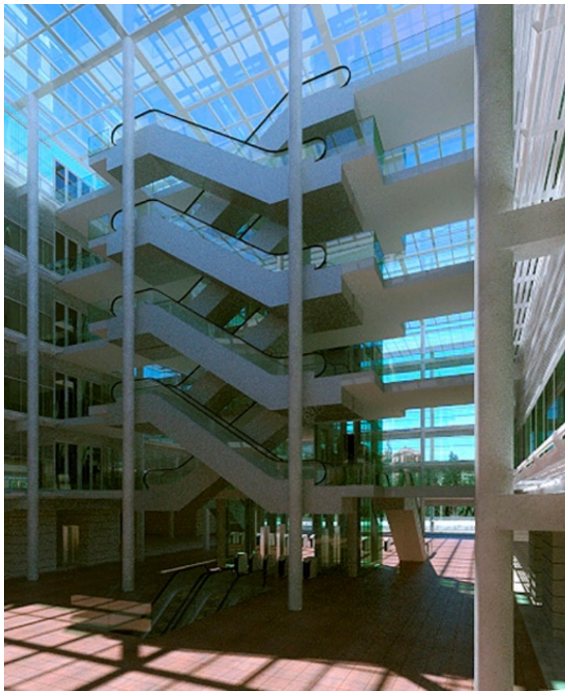


Figura 10. Atrio central.

Figura 11. Oficina tipo.

EDIFICIO RESIDENCIAL ARROYOFRESNO ECN PASSIVHAUS

Resumen Proyecto: Primer edificio residencial colectivo de Consumo Casi Nulo en proceso de certificación Passivhaus. Será el primer edificio de vivienda colectiva de Madrid que cuente con esta certificación y características de bajo consumo. Con una superficie construida de 3.336 m2 y superficie útil de 2.475 m2, su construcción es mediante cimentación y estructura hormigón armado y pilares metálicos. Su envolvente se desarrolla carente de puentes térmicos en continuidad mediante un Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) con revestimiento exterior con mortero de armado con malla de fibra de vidrio orgánico no cementoso y mortero de acabado a base de siliconas libre de cemento de STO, apoyado sobre una fábrica cerámica de termoarcilla Eco-Rec. Carpinterías de PVC de alta eficiencia energética KÖMMERLING MD76 con triple acristalamiento con control solar. Generación de Frío, Calor mediante Instalación de Aerotermia DAIKIN ALTHERMA de 4kW de potencia individual para cada vivienda con emisión mediante Suelo Radiante Refrescante POLYTHERM. Instalación de ventilación mecánica de doble flujo con recuperador de calor ZEHNDER ComfoAir350 HRV de alta eficiencia para cada vivienda. Generación comunitaria de Agua Caliente Sanitaria mediante sistema de aerotermia MITSUBISHI Q-TON, de alto COP nominal que nos permite prescindir de otras instalaciones de apoyo a la generación de ACS como la termosolar. Instalación fotovoltaica mediante sistema REC formado por 20 paneles policristalinos con una potencia de 6.900 W.

Figura 1. Edificio de viviendas ECN Arroyo Fresno Passivhaus Vista desde espacios comunes.

DATOS GENERALES PROYECTO	
Emplazamiento:	c/ Gloria Fuertes 144. 28035 Madrid.
Uso Característico Edificio:	Vivienda colectiva
Zona Climática:	D3
Obra Nueva / Rehabilitación:	Obra Nueva
Superficie Total Construida:	3.336 m^2
Fase del Proyecto:	En construcción
Otros:	Edificio de Consumo Nulo. Categoría Energética A. En Proceso de certificación Passivhaus.

MEMORIA DESCRIPTIVA

Agentes del Proyecto

Promotor:	Maqueda, Gallego y Álvarez S.A. / LANDEVEL S.L.	
Proyectistas:	Daniel Diedrich y Talia Dombriz, Arquitectos. DMDVA ARQUITECTOS	
Dirección Obra:	Daniel Diedrich. Arquitecto. DMDVA ARQUITECTOS Dtor. de Obra.	
	Juan Postigo Castellanos. Arquitecto Técnico. Dtor. de Ejecución.	
	Pablo Pérez Muñoz. Arquitecto Técnico. Coord. Seguridad y Salud.	
Otros Técnicos Intervinientes:	Consultoría Passivhaus: Daniel Diedrich. Arquitecto. CENERGETICA	
Certificador PH:	Micheel Wassouf. Arquitecto.	ENERGIEHAUS.
Otros Agentes:	Constructor:	Construcciones AMENABAR S.A.
	Sistema Constructivo Envolvente:	STO
	Sistema Ventilación Mecánica:	ZENHDER
	Sistema Climatización:	DAIKIN
	Sistema generación ACS:	LUMELCO / MITSUBISHI H.I.
	Carpinterías de la envolvente:	KÖMMERLING
	Sistema Fotovoltaico:	REC / SIER
	Hermeticidad:	ISO-CHEMIE

Antecedentes

Tras finalizar con éxito la ejecución del edificio “Titania”, primera vivienda unifamiliar de consumo casi nulo de Madrid y primer edificio con certificación Passivhaus Plus de España, el promotor encarga la realización de este edificio de residencial colectivo con tres objetivos fundamentales: Trasladar la experiencia previa de construcción de un edificio de consumo nulo a un edificio residencial colectivo, ajustar los costes debidos a oficios especializados a la promoción inmobiliaria y lograr la certificación Passivhaus como garante de veracidad del proceso de desarrollo de proyecto y de su fase constructiva. Las obras dieron comienzo en febrero de 2018 y se estima su finalización a finales del 2019.

Descripción del Proyecto

Edificio residencial colectivo de 14 viviendas, que cuenta con planta sótano para garaje y trasteros, planta baja con áreas comunes formadas por zonas verdes, piscina comunitaria, huertos urbanos asignados a cada vivienda y sala de coworking. En planta primera a cuarta se disponen las viviendas entorno a dos portales. En todas las plantas se ubican cuatro viviendas idénticas por planta, excepto en la planta cuarta donde solamente se disponen dos viviendas.

El edificio se desarrolla sobre una parcela rectangular de 1.287,85 m^2. ubicada en la calle Gloria Fuertes 144, la cual pertenece a una manzana de edificios del nuevo barrio ubicado en el norte de Madrid, fruto del plan de actuación urbanística denominado como de “Arroyo del Fresno”. El edificio se configura mediante un volumen paralepípedo dispuesto sobre una planta baja porticada que contiene en sus áreas libres las zonas y usos comunes. Toda la planta baja se dispone sobre una planta de sótano que ocupa casi la totalidad de la parcela y que contiene el uso de aparcamiento y el de trasteros asociados a las viviendas. El volumen de vivienda se adosa en uno de sus lados menores al edificio vecino de la misma manzana. Se disponen cuatro viviendas por planta desde la planta primera a la tercera y dos viviendas por planta en la planta cuarta. Todas las plantas del edificio se comunican por medio de dos núcleos de comunicación vertical que cuentan con escalera y ascensor y que dan servicio cada uno de ellos a dos viviendas por planta. En la planta cuarta cada núcleo vertical solo da servicio a una vivienda. El esquema de disposición de las viviendas y los núcleos de comunicación es simétrico respecto al punto medio de su eje longitudinal, al ser tanto viviendas como núcleos idénticos en su forma en cada planta. El edificio presenta cubierta plana no transitable donde se ubican las instalaciones de generación de ACS y de electricidad fotovoltaica. Las viviendas de la planta cuarta presentan terraza en sus extremos a modo de ático.

El acceso peatonal desde la calle Gloria Fuertes, (lado menor) nos permite optimizar el área libre de parcela y disponer de menores recorridos en dicho espacio, así como ubicar el control de acceso y la zona de la piscina. Además, ubicando el acceso de vehículos en la parte de menor cota de esta calle Mari Pepa Colomer (lado mayor) nos permite reducir el desarrollo de acceso de la rampa de vehículos al sótano, así como reducir el impacto de esta planta en el terreno. Dado que la calle Mari Pepa Colomer presenta pendiente descendente a lo largo de su desarrollo, con la cota más alta en su encuentro con la calle Gloria Fuertes, la planta de sótano de aparcamiento y trasteros llega a estar en situación de semisótano en su testero medianero con la parcela RCL-2E, lugar que se aprovecha para ubicar el acceso al mismo. Esta condición topográfica de la calle genera un podio que permite resaltar el volumen edificatorio, más si cabe al negar la edificación total en planta baja buscando el vacío de esta, con el objeto de que parezca que el edificio flota sobre la planta baja buscando su fácil percepción volumétrica y la continuidad de las bandas que configuran las fachadas.

Figura 2. Vista desde la calle Gloria Fuertes.

Figura 3. Vista interior terrazas planta 4ª.

El proyecto realizado es la respuesta arquitectónica y técnica a la singular homogeneidad tipológica del entorno urbano de nueva creación que presenta el Plan de Actuación Urbanística “Arroyo del Fresno”. En la formalización del edificio se prioriza una imagen singular sencilla que se apoya en el criterio de ahorro energético, (que implica el lograr la mayor compacidad posible del volumen edificatorio) y que logra ante el minimalismo formal diferenciarse y singularizarse en un entorno de tipologías edificatorias del mismo uso con uso abundante de huecos y volúmenes salientes. Planteamos un formalismo sencillo pero complejo. Un volumen prismático que con su planta baja porticada, casi no ocupada pretende dar la precepción visual de que “flota” sobre esta. Sus dimensiones son conforme a los parámetros establecidos en la norma urbana. Dicho volumen potencia su fachada mediante la diferenciación formal de bandas de huecos y de llenos en la misma con uso de distinto del color de revestimiento en las zonas opacas y con uso del mismo color en las protecciones solares para “camuflar” la presencia de los huecos de ventana cuando se encuentran extendidas.

El edificio se concibe como un volumen paralepípedo sencillo, carente de vuelos formados por elementos constructivos o por volúmenes fuera de la alineación de fachada. Su concepción busca dar una respuesta formal contundente mediante la mera potenciación del volumen que lo configura, donde únicamente se procede a resaltar líneas horizontales continuas que se desarrollan de manera paralela y equidistante a lo largo de todas las fachadas. Estas líneas se logran en las fachadas mediante la configuración de bandas horizontales que discurren formando una greca mediante el uso de distinto color del revestimiento de acabado. Los huecos de ventana se protegen del sol mediante estores exteriores enrrollables del mismo color del acabado de la fábrica, buscando una continuidad formal.

Evitando la aparición de elementos o volúmenes volados se obtiene un edificio que permite, en su minimalismo formal, obtener el mejor grado de compacidad de este a efectos térmicos. El volumen edificatorio se resalta además por la voluntad de no edificar vivienda en planta baja, con lo que se potencia la presencia del volumen sobre la misma y el marcado de la horizontalidad que se desea obtener. Además, la disposición aparentemente aleatoria de los de huecos de ventanas dentro de cada banda horizontal, dinamiza el orden rígido de bandas de color. De esta manera logramos la finalidad de singularizar formalmente el volumen resultante ya que la apertura de las distintas protecciones solares por parte de los usuarios hará percibir la fachada como algo dinámico.

Prestaciones del Edificio

A nivel de servicios el edificio cuenta en sus zonas comunes con piscina comunitaria, sala comunitaria para teletrabajo y coworking en planta baja, así como zonas verdes y huertos individuales asociados a cada vivienda

A nivel de prestaciones energéticas cuenta con medidas pasivas en su construcción formada por una envolvente aislada en continuidad con carpinterías de PVC de alta eficiencia y vidrios con control solar. Además, en la envolvente se ha cuidado los detalles constructivos y su ejecución para lograr el mayor grado de hermeticidad del espacio habitable y reducir sus pérdidas por infiltración de aire con la finalidad de obtener menos de 0,6 renovaciones hora en prueba de Blower Door a 50 Pascales a realizar durante la obra.

Cada vivienda cuenta con instalación individual de ventilación mecánica de doble flujo con recuperador de calor de alta eficiencia, climatización (frío y calor) mediante sistema de aerotermia DAIKIN ALTHERMA con emisor mediante suelo radiante/refrescante POLYTHERM. A parte del sistema de aerotermia, como sistemas de energía renovable cuenta con una instalación de aerotermia comunitaria MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES Q-TON para la generación de Agua Caliente Sanitaria, así como una instalación fotovoltaica para la generación de electricidad para usos comunes. Estas instalaciones proporcionan un grado de confort interior muy elevado.

La reducción máxima de la demanda energética, conseguida mediante la modelización de los sistemas constructivos pasivos en toda la envolvente térmica, y la combinación de un sistema de aerotermia, con una eficiencia muy elevada, junto a un sistema de generación de electricidad mediante una instalación fotovoltaica, permite obtener una vivienda de consumo energético casi nulo.

El aparcamiento cuenta con tomas para vehículos eléctricos asociadas a cada una de ellas.

MEMORIA CONSTRUCTIVA

Sustentación del Edificio y Sistema Estructural

El edificio cuenta con cimentación profunda mediante pilotes y muros de sótano de hormigón armado. La estructura se ha realizado mediante pilares metálicos con forjados realizados con losa de hormigón armado para la planta baja y primera y forjados unidireccionales en el resto de plantas y cubierta. Se aísla a efectos pasivos el cerramiento del volumen edificatorio que contiene las viviendas (plantas 1ª a 4ª) por lo que no se considera el aislamiento de la planta sótano ni de la cimentación. Para reducir los puentes térmicos de los encuentros de los pilares de la planta baja con el forjado de planta primera, aislado por su cara inferior, se opta por aislar también dichos pilares así como la cara superior del forjado de planta baja. El aislamiento de estos elementos estructurales se realiza mediante paneles XPS de 15 cm de espesor. Como singularidad formal, el volumen edificatorio que contiene las plantas 1ª a 4ª se configura con un vuelo sobre su planta baja porticada en la fachada principal (c/ Mari Pepa Colomer), potenciando su presencia sobre la misma.

Sistemas de Envolventes y Acabados

Configuración de la envolvente

La fachada está formada por una lámina de termoarcilla ECO-REC SAMPEDRO de 14 cm de espesor, enfoscada por el exterior, sobre la que se dispone un Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) formado por paneles de EPS con Neopor de 15 cm de espesor, en continuidad con el aislamiento tanto en la cara exterior del techo porticado de planta baja (cara inferior de forjado de planta primera) como con el aislamiento horizontal sobre la cubierta plana no transitable. Sobre el aislamiento se dispones de un revestimiento continuo mediante mortero de armado con malla de fibra de vidrio orgánico no cementoso y mortero de acabado a base de siliconas libre de cemento del sistema SATE de STO. El trasdosado interior de la fachada se realiza mediante un guarnecido de yeso como lámina de estanqueidad al paso del aire y sistema PLACO SAINT GOBAIN de Placa de Yeso Laminado autoportante con lana de roca de 40 mm a efectos de aislamiento de ruido. Las transmitancias térmicas obtenidas son de 0,175 w/m2K para la fachada y de 0,14 W/m2K para la cubierta La cubierta plana no transitable, se configura con sistema invertido mediante el uso de paneles XPS de 24 cm de espesor. Por la cara inferior del forjado de planta primera (techo de planta baja) se disponen el aislamiento mediante el uso de paneles EPS de características y dimensiones idénticas al utilizado en fachada y en continuidad con el mismo.

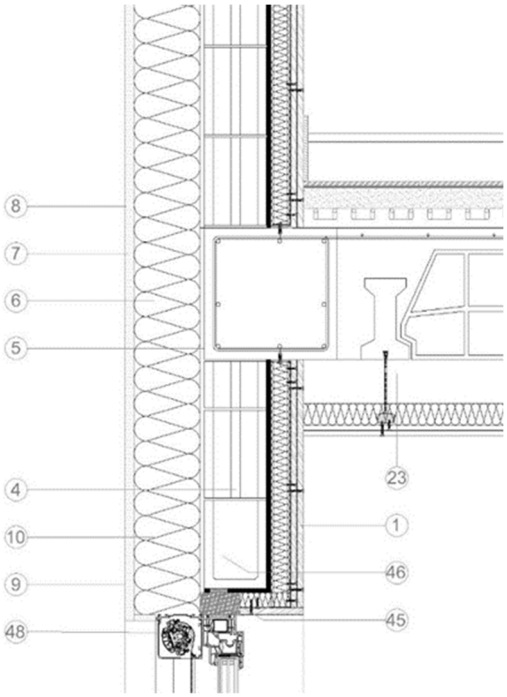


Figura 4. Sección constructiva envolvente.

Carpinterías de la envolvente

Las carpinterías de las fachadas han sido realizadas con perfilería de PVC de KÖMMERLING modelo MD76, que cuenta con una transmitancia térmica: 1,2 W/m^{2}K, una atenuación Acústica: 48 y permeabilidad al aire Clase 4. Cuenta con vidrio con sustrato nrG de triple acristalamiento 4+4/12Arg/4/12Arg/4+4 con una transmitancia de 0,8 W/m^{2}K y un factor solar de 62,1%. La combinación de ambos elementos proporciona una transmitancia media de todas las ventanas de 1,14 W/m^{2}K. Las puertas de acceso a cada una de las viviendas son acorazadas de alta eficiencia DIERRE SYNERGY SENTRY con una transmitancia térmica de 1,4 W/m^{2}K.

Protecciones solares

Instalación de cortinas exteriores enrollables de la marca BANDALUX con cajón exterior, cierre lateral de cremallera y sistema motorizado SOMFY. Cuenta con accionamiento digitalizado y automatizado dentro del sistema de control KNX de la vivienda

Sistemas de Acondicionamiento e Instalaciones

Calefacción y refrigeración

La calefacción y refrigeración se realiza mediante equipos individuales de aerotermia DAIKIN Altherma, con uso de suelo radiante – refrescante, del fabricante POLYTHERM, como emisor de calor y frío.

Agua Caliente Sanitaria

Se plantea la instalación de un sistema de generación de ACS comunitaria en cubierta, mediante Aerotermia con CO2 como gas refrigerante, modelo Q-Ton de MITUBISHI HEAVY INDUSTRIES / LUMELCO. Dada la eficiencia de esta máquina, la instalación justifica sus características de Energía renovable conforme a lo establecido por el IDAE,

evitando la instalación de una instalación termo solar para cumplimiento de aporte mínimo de energía renovable para la generación de ACS.

Ventilación

El edificio cuenta con instalación de ventilación mecánica de doble flujo individual para cada vivienda. La totalidad de sus componentes son del fabricante ZEHNDER. Formada mediante red de absorción de aire viciado e impulsión de aire fresco realizadas mediante tubo continuo Zehnder, desde cada una de las rejillas del sistema al recuperador de calor de alta eficiencia ComfoAir. Los recuperadores de calor tienen una eficiencia térmica del 83%, lo que nos permite tener un grado de ventilación y confort interiores excelentes.

Iluminación

Luminarias CASTAN en espacios exteriores e interiores de paso (pasillos, escaleras, baños y distribuidores) con luminarias LED de bajo consumo con control lumínico de presencia y solar.

Automatización y Control

Sistema JUNG KNX con control domótico de la iluminación, de la climatización y de las protecciones solares cuenta con centralita meteorológica y telecontrol exterior mediante programa informático.

Hermeticidad

Sistema de hermeticidad formado por un guarnecido de yeso por la cara interior de todos los paramentos verticales de la envolvente realizados en fábrica de termoarcilla junto con la utilización de bandas de estanqueidad en los encuentros entre paramentos verticales y forjados, así como el uso de cintas precomprimidas entre fábrica portante, precercos de ventana y ventanas, de la marca ISO-CHEMIE

A la espera de finalizar los ensayos de hermeticidad (Blower Door test) con la envolvente terminada, para descubrir posibles pasos de aire y con el edificio terminado para lograr la certificación Passivhaus. Conforme a este estándar se deberá obtener una tasa de renovación de aire a 50 Pascales menor de 0,60renovaciones/hora. De esta manera se obtiene un edificio sin puentes térmicos y con casi nulas infiltraciones de aire.

Energías Renovables in situ o en el entorno

Fotovoltaica

Instalación fotovoltaica del REC formada por 20 paneles policristalinos REC 345Wp y un inversor monofásico Sunny Boy de 5,0 kW con una eficiencia del 97% que proporciona rendimiento anual de 8.225 KWh/a frente a un consumo eléctrico total de 7.110 KWh/a, (Conforme al programa de cálculo de instalaciones fotovoltaicas PVsyst).

Aerotermia

Sistema de Aerotermia DAIKIN ALTHERMA para la climatización y refrigeración formado por una unidad exterior en cubierta y una unidad interior. El sistema proporciona una potencia nominal de 3,40 kW. El criterio para elegir el modelo fue su elevado rendimiento, así como la potencia del mismo conforme a cálculo.

Sistema de Aerotermia Q-TON MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES para la generación comunitaria de Agua Caliente Sanitaria de alta temperatura ubicado en la cubierta del edificio, con una potencia térmica de 30KW y un COP de 3,79.

PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

El coste por metro cuadrado construido ha sido de 1.020 €/m^2.

	Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción	A	3,0	4440,8
Demanda refrigeración	B	7,8	11649,3
	Clase	**kWh/m²**	**kWh/año**
Consumo energía primaria no renovable calefacción	A	1,7	2518,7
Consumo energía primaria no renovable refrigeración	B	7,6	11381,9
Consumo energía primaria no renovable ACS	B	6,2	9321,0
Consumo energía primariano renovable totales	A	15,5	23221,6
	Clase	**kgCO2/m² año**	**kgCO2/año**
Emisiones CO2 calefacción	A	0,3	426,7
Emisiones CO2 refrigeración	A	1,3	1928,1
Emisiones CO2 ACS	A	1,1	1578,9
Emisiones CO2 totales	A	2,6	3933,6

Figura 5. Gráficos Resultado HULC.

CUMPLIMIENTO DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

Este objetivo se ha logrado mediante la combinación de: A) Una gran reducción de la demanda, mediante el proyecto y construcción de medidas pasivas extremas consistentes en un súper aislamiento en la envolvente, reducción y control de los puentes térmicos y de las infiltraciones de aire. B) Un correcto diseño de las protecciones solares, tanto en su tipo como en su comportamiento. C) Contar con una instalación de aerotermia para dar servicio a la climatización (verano e invierno) individual para cada vivienda y la generación ACS comunitaria mediante un sistema de alta eficiencia energética con características de fuente renovable, lo que garantiza un rendimiento de la instalación muy elevado. D) La construcción de una instalación de generación de energía eléctrica para los usos comunitarios.

INDICADORES	
Consumo Energía Primaria no renovable:	15,50 kWh/m^{2}año
Demanda Calefacción:	2,92 kWh/m^{2}año
Demanda Refrigeración:	7,75 kWh/m^{2}año
Aporte Renovables:	8000 kWh/año (fotovoltaica)
Emisiones CO2 Edificio:	2,60 KgCO2/m^{2}año

CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS Y AMBIENTALES

Con los valores anteriores el edificio ha obtenido una Certificación Energética de edificio terminado con la letra A. Se comprueba el cumplimiento del CTE DB-HE Ahorro de Energía mediante la realización de la Herramienta Unificada LIDER-CALENER (HULC) y mediante la comprobación del cumplimiento de inexistencia de condensaciones intersticiales. Con HULC obtenemos tanto el valor límite para la demanda energética de calefacción según el apartado

2.2.1.1.1 de la sección HE1 como el Valor límite para la demanda energética de refrigeración según el apartado 2.2.1.1.1. de la sección HE1 y los valores obtenidos para el edificio. El edificio se encuentra en construcción desde febrero de 2018 y en proceso de certificación Passivhaus.

	Edificio Objeto	
Demandas	**kWh/m2 año**	**kWh/año**
Calefacción	3,0	4440,8
Refrigeración	7,8	11649,3

	Edificio Objeto	
Consumos Energía Final	**kWh/m² año**	**kWh/año**
Calefacción	0,9	1289,0
Refrigeración	3,9	5824,9
ACS	3,2	4770,2
Global	7,9	11884,1

	Edificio Objeto	
Consumos Energía Primaria No Renovable	**kWh/m² año**	**kWh/año**
Calefacción	1,7	2518,7
Refrigeración	7,6	11381,9
ACS	6,2	9321,0
Global	15,5	23221,6

	Edificio Objeto	
Emisiones	**kgCO2/m² año**	**kgCO2/año**
Calefacción	0,3	426,7
Refrigeración	1,3	1928,1
ACS	1,1	1578,9
Global	2,6	3933,6

Figura 6. Gráficos Resultado HULC.

NUEVO CAMPUS DE REE EN TRES CANTOS

Resumen Proyecto: El Nuevo campus de REE en Tres Cantos comprende la rehabilitación integral de dos edificios en el Parque tecnológico de Madrid.

Figura 1. Fachada principal del Edificio CAMPUS 2.

DATOS GENERALES PROYECTO	
Emplazamiento:	Calle Isaac Newon 1 y 2, (PTM) en Tres Cantos (Madrid)
Uso Característico Edificio:	Edificios uso administrativo
Zona Climática:	D3
Obra Nueva / Rehabilitación:	Rehabilitación
Superficie Total Construida:	6.000 m2 aprox
Fase del Proyecto:	Edificio Campus 2 junio 2017; Edificio Campus 1 obra en marcha

MEMORIA DESCRIPTIVA

El propósito de la actuación propuesta para los Edificios de REE, ubicados en la calle Isaac Newton nº 1 y nº 2 en Tres Cantos, es la adecuación de los edificios y actualización de sus instalaciones al uso previsto de investigación y desarrollo, así como formación interna de sus empleados. De este modo se establecen tres niveles de actuación: adecuación espacial, renovación de las instalaciones y protección solar en fachada.

El objetivo de la adecuación espacial es la ordenación de las plantas diferenciando áreas de aulas y salas de formación interna, laboratorios electrónicos, espacios de trabajo, Centro de Control, zonas comunes y salas técnicas. Se interviene en la distribución interior y acabados, de forma que el edificio mantiene su estructura, si bien, por adecuación a normativa es necesario actualizar sus núcleos de comunicación modificando la situación de las escaleras de acceso a planta primera.

La planta superior de ambos edificios, destinada a albergar zonas de trabajo y aulas de formación interna, se libera de particiones y se organiza con zonas de reunión y nuevas formas de trabajo colaborativo. El proyecto de adecuación mantiene la volumetría de los edificios existentes, si bien ha sido necesario dotar a ambos edificios de una protección solar exterior.

La actuación de la fachada consiste en la instalación de una protección frente a la radiación solar, que permita una optimización de los consumos energéticos del edificio, así como lograr un mayor confort –visual y térmico- interior. La renovación de las instalaciones busca la modernización y adecuación de las mismas a la normativa vigente.

Agentes del Proyecto

- Promotor: Red Eléctrica Corporación S.A.
- Proyectistas: Idom Ingeniería y Consultoría S.A.U. (Beatriz Olalla, Ana Díaz, Antonio Villanueva)
- Dirección Obra: Idom Ingeniería y Consultoría S.A.U (Beatriz Olalla Sánchez)
- Otros Agentes: Grupo Avintia, Ferrovial, Strunor, Geotermia Vertical, Cortizo

Antecedentes

Red Eléctrica de España ha encargado a Idom la rehabilitación integral de dos edificios en el Parque tecnológico de Tres Cantos (Madrid). La actuación comprende una adecuación integral a las nuevas necesidades formativas y tecnológicas de la compañía modernizando el conjunto de los edificios a través de una envolvente que permita cumplir los requisitos de eficiencia energética.

Descripción del Proyecto

La distribución del nuevo CAMPUS busca incrementar la calidad de los espacios trabajos y aulas, así como una organización eficiente, aprovechando al máximo el espacio disponible, generando áreas diáfanas y reconocibles en el acceso y disminuyendo y clarificando el área de planta destinada a zonas comunes.

Los edificios se rehabilitan energéticamente en su totalidad, aplicando estrategias pasivas para mejorar el comportamiento energético del edificio: Aislamientos de en cubierta, soleras y fachadas ciegas; vidrios y carpinterías de altas prestaciones; protecciones solares y control de infiltraciones. Se realiza una actuación energética en el edificio de un elevado nivel técnico.

Prestaciones del Edificio

En cuanto a la estrategia activa aplicada al edificio, se proyecta una solución GEOTABS que incluye una termoactivación de la estructura existente en combinación con un aprovechamiento geotérmico en el terreno como único sistema de producción. La estructura existente es una estructura común unidireccional por lo que, para realizar la termoactivación de la estructura existente, IDOM se ve obligado a innovar ya que no existen en el mercado soluciones directas para realizarlo. Se realizan ensayos con tres tecnologías diferentes (mortero gunitado de vía húmeda, mortero gunitado de vía seca y aplicación de yeso) y se realiza una muestra in situ de cada una de ellas. Finalmente, el edificio se pone en marcha ratificando unos resultados tanto de confort como energéticos excepcionales.

El impacto medioambiental de la rehabilitación es mínimo, respondiendo a los estándares de Red Eléctrica y a las necesidades de la sociedad actual.

MEMORIA CONSTRUCTIVA

Sustentación del Edificio y Sistema Estructural

La estructura existente en los dos edificios rehabilitados presenta tres niveles; planta baja, planta primera y planta de cubierta. En el edificio CAMPUS 2, los dos primeros niveles abarcan toda la huella del edificio mientras que el nivel de cubierta se ubica en únicamente en una zona limitada en la parte central del edificio. En el edificio CAMPUS 1, los tres niveles coinciden en planta. Las crujías estructurales de todos los niveles forman una cuadrícula de 5.40 x 5.40 metros.

En ambos laterales del edificio CAMPUS 2, a nivel de planta primera existen dos bóvedas de mayor altura y luces de cálculo más grandes (9 metros transversales y se extienden 4 vanos en de 5.40 metros en el sentido longitudinal de la bóveda) para permitir espacios diáfanos.

La cimentación original está resuelta mediante zapatas aisladas de hormigón armado apoyadas sobre el terreno o sobre pozos de hormigón en masa en zonas donde superficialmente no se alcanzaban los 2 Kg/cm2 de capacidad portante en el terreno. Dichas zapatas están unidas mediante vigas de hormigón pretensado prefabricadas en todo el contorno del edificio y en las alineaciones longitudinales de los edificios. La estructura principal original de los edificios se ha resuelto mediante pórticos de estructura metálica, con pilares formados por perfiles tipo UPN unidos en cajón cerrado y mediante vigas tipo IPE.

Las intervenciones sobre la estructura existente de los edificios han consistido en la demolición de las fachadas de acceso principal, demolición de la escaleras interiores y ejecución de nuevos núcleos de comunicación, generación de espacios de doble altura y ejecución de nuevas losas de cimentación y forjados.

Sistemas de Envolventes y Acabados

Desde el exterior, actualmente el edificio se percibe como un volumen compacto, existiendo una fachada clara principal desde la calle principal del PTM, quedando el acceso al edificio por encima de la cota de la calle. El resto de las fachadas del edificio son visibles desde las calles que circunscriben la parcela, quedando la zona de aparcamientos semioculta en la zona trasera de la parcela.

La fachada actual está compuesta por muros cortinas, algunos de ellos inclinados (en la fachada principal) y zonas opacas formadas por muros de fábrica de ladrillo recubiertos con mortero monocapa. Se prevé eliminar el muro cortina inclinado de la fachada principal, sustituyéndolo por un paramento vertical con zonas opacas y de vidrio.

Por delante de la fachada se ha instalado una protección metálica compuesta por un sistema de Doble Piel de chapa plegada perforada de Aluminio de 2mm de espesor. Dicha piel estará formada por bandejas de aluminio plegadas verticalmente, con perforaciones triangulares con porcentajes de apertura entre el 40% y el 20%, según ubicación. Las bandejas van unidas entre sí y a la subestructura por medio de tornillería de acero inoxidable. Se ha instalado desde el exterior, en toda la zona de fachada ciega, un sistema de aislamiento térmico tipo SATE. La propuesta para las fachadas del edificio busca por un lado mejorar las propiedades térmicas de las mismas y por otro lado mejorar su imagen, sin modificar su volumetría ni sus huecos.

Con la intención de reducir la carga térmica que entra en el edificio a través de la radiación directa del sol, en la fachada sur del patio se instalarán unos parasoles horizontales que impedirán la entrada de luz directa en las salas de trabajo de dicha fachada. Los vidrios de la fachada este del patio tendrán un factor solar menor que el del resto del edificio (0,25), con objeto de tener un mayor control sobre la incidencia de luz directa en el espacio interior a doble altura, llevando la imagen, la luminosidad y el espacio exterior al corazón del edificio.

Con respecto a las cubiertas, se ha realizado cubierta ajardinada en casi la totalidad de las cubiertas, mediante vegetación a base de plantas seleccionadas. Se ha completado la envolvente del edificio mediante el aislamiento de la totalidad de la cubierta, aumentando así las prestaciones energéticas de los edificios.

Sistemas de Acondicionamiento e Instalaciones

Uno de los sistemas que proporciona mayor calidad en cuanto a prestaciones en el ámbito de la climatización de edificios es el sistema de Activación térmica de la estructura, también llamado TABS por sus siglas en inglés (Thermally

Activated Buildong System). Se da la circunstancia de que este tipo de sistemas pueden no suponer además un sobrecoste económico.

Este tipo de sistemas se emplea en mayor medida en edificios de nueva planta, ya que es este caso se realizan embebidos en la estructura de hormigón del edificio.

Sin embargo, existen casos en los que se ha implementado la activación térmica de la estructura sobre estructuras preexistentes.

Se toma la decisión de realizar una activación estructural sobre estructura existente en el proyecto de la Nueva Escuela Corporativa de Red Eléctrica en Tres Cantos en base al convencimiento de que ello va a suponer un extra de calidad en la instalación de climatización.

Entendemos que el sistema tiene las siguientes ventajas respecto de un sistema de climatización convencional por aire:

- Mayor confort
- Menor consumo energético
- Aprovechamiento óptimo de la instalación geotérmica
- Aprovechamiento de la inercia del edificio. Uso de periodo nocturno

El sistema de termoactivación de la estructura de hormigón se combina con un aprovechamiento geotérmico de baja entalpía que proporciona unos rendimientos en producción muy elevados.

Finalmente se diseña un sistema de ventilación basado en unas unidades de tratamiento de aire (UTAS) para proporcionar la calidad de aire requerida.

Calefacción

Termoactivación estructural combinada con geotermia (GEOTABS) y sistema de ventilación mediante UTAS de elevado rendimiento.

Refrigeración

Termoactivación estructural combinada con geotermia (GEOTABS) y sistema de ventilación mediante UTAS de elevado rendimiento.

Ventilación

Sistema de ventilación mediante UTAS de elevado rendimiento.

Iluminación

Sistema LEDs con control de iluminación por escenas. Reducción automática de intensidad en función de la luz natural.

Automatización y Control

BMS Siemens 600 puntos de control.

Geotermia

Instalación geotérmica de baja entalpía mediante dos bombas de calor de 60 kW cada una sin una instalación de respaldo. La geotermia es la única instalación de producción. No existen calderas ni enfriadoras. El intercambiador geotérmico está formado por 19 pozos de 150 m de profundidad.

Energías Renovables in situ o en el entorno

La instalación geotérmica proporciona al sistema la posibilidad de funcionamiento “todo eléctrico” con unos consumos muy reducidos ya que los COPs (o EERs) estacionales, teniendo en cuenta la stemperaturas de trabajo muy favorables debidas a la termoactivación estructural, son del entorno de 5-6. Quiere decir que de cada 6 unidades energéticas que se proporcionan (o se retiran) del edificio, solamente uno proviene de la red eléctrica. El resto provienen del terreno y son gratuitas.

PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

Información confidencial en estos momentos que se dará en cuanto se tenga autorización por parte del cliente (ya solicitada).

CUMPLIMIENTO DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

INDICADORES	
Consumo Energía Primaria no renovable:	110 kWh/m2 y año
Demanda Calefacción:	Pdte
Demanda Refrigeración:	Pdte
Aporte Renovables:	Pdte
Emisiones CO2 Edificio:	Pdte
Consumo energía primaria total:	220 kWh/m2 y año

CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS Y AMBIENTALES

Certificación CALENER A.

IMÁGENES PROYECTO

Figura 2. Vestíbulo de acceso Edificio CAMPUS 2.

Figura 3. Escalera principal del Edificio CAMPUS 2.

Figura 4. Salas Simuladores del Edificio CAMPUS 2.

Figura 5. Detalle doble piel del Edificio CAMPUS 2.

Figura 6. Aula en del Edificio CAMPUS 2.

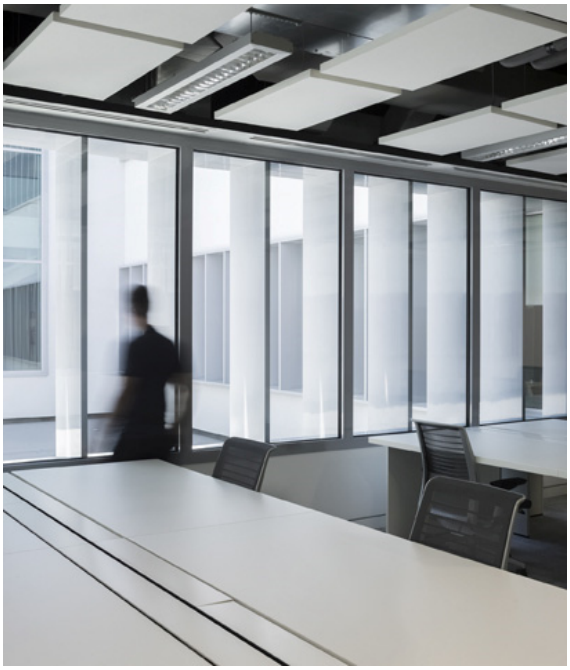


Figura 7. Zona de trabajo en del Edificio CAMPUS 2.

Figura 8. Aula-taller en el Edificio CAMPUS 2.

VIVIENDA UNIFAMILIAR DE CONSUMO CASI NULO EN VALDOVIÑO, GALICIA - EXPERIENCIA PASSIV

Resumen Proyecto: Se trata de un edificio que nace desde sus orígenes como un edificio de consumo casi nulo con la intención de certificarlo como passivhaus para verificar que cumple todos los patrones y que la construcción es fiel al proyecto de consumo casi nulo. Desde el anteproyecto, pasando por las distintas etapas: anteproyecto, proyecto de ejecución, toda la contratación, la construcción y puesta en marcha de esta vivienda, se ha llevado a cabo por el equipo de arquitectura para comprobar de primera mano como es la construcción de un proyecto innovador en un entorno rural, valorando especialmente los precios y los plazos, así como la calidad de la ejecución.

Figura 1. Panorámica desde la estancia principal/ vivienda-mirador.

DATOS GENERALES PROYECTO	
Emplazamiento:	Valdoviño, La coruña, Galicia
Uso Característico Edificio:	Vivienda
Zona Climática:	Templada
Obra Nueva / Rehabilitación:	Obra nueva
Superficie Total Construida:	275 m2
Fase del Proyecto:	*Fin de obra en curso octubre 2018*
Otros:	Certificada Passivhaus

MEMORIA DESCRIPTIVA

Se trata de una vivienda en un enclave paisajístico admirable, donde el entorno marcará la definición del proyecto. La transparencia de los espacios para fundirse con el exterior será clave para el acierto del proyecto. Las carpinterías kommerling tendrán un protagonismo singular en esta casa mirador.

Diseñar una vivienda de consumo casi nulo ha sido el gran reto tras Integrar arquitectura y paisaje.

Agentes del Proyecto

- Promotor: G. Porta Casas
- Proyectistas: Carmen Batanero Marcos
- Dirección Obra: C. Batanero Marcos
- Otros Técnicos Intervinientes: Juan Filgueiras, Iván garcía, Raquel Sanchez, Cristina Sarachaga
- Otros Agentes: Natureback, Mabitat, Teuvento, Kommerling, Saunier douval, Zhender.

Antecedentes

Esta vivienda unifamiliar nace desde su concepción como proyecto de consumo casi nulo y la idea de ejecutar el proyecto en todas sus fases para estudiar las dificultades que puedan surgir en obra y ver de cerca pros y contras de estos tipos de proyectos. ¿Merece la pena hacer una passivhaus o casa de consumo casi nulo? Nuestro reto es formar y dar a conocer que no tiene por qué ser tan mayorado el precio.

Descripción del Proyecto

El edificio nace del “genius loci”, el genio del lugar, el proyecto potencia enmarca el paraje natural donde se encuentra, creando una vivienda-mirador sin precedente en el lugar.

Se trata de una vivienda pasiva con una planta -1 para garaje, lavadero, e instalaciones, y una planta principal donde se desarrolla toda la vivienda cocina salón comedor en abierto, 5 dormitorios y 2 baños.

Prestaciones del Edificio

Para conseguir una vivienda pasiva siendo una vivienda-mirador, abierta al océano, con amplias vistas y grandes entradas de sol, había que estudiar bien el proyecto desde el principio, orientación solar, parasoles, materiales, asilamientos, etc.

El reto de este proyecto es ejecutar en precio y plazo las unidades marcadas en proyecto, cosa que en la realidad es muy difícil de llevar a cabo. Normalmente el proyecto sufre muchas variaciones en su ejecución y sobre todo en contadas ocasiones se ajusta al presupuesto y al plazo. ¿Se ha logrado mantener los precios a lo largo de la obra en este tipo de construcción tan novedosa?

¿Qué podemos hacer para que en el futuro no se desvirtúen tanto los presupuestos, ni asusten las obras pasivas y sean de ejecución integrada en nuestros sistemas constructivos y ejecutivos?

¿Cúal es la realidad del mundo de la construcción, del dia a dia del operario, de los números y los plazos y la visión del proyecto y el proyectista?

¿Qué consecuencias sacamos de toda esta EXPERIENCIA PASSIV?.

MEMORIA CONSTRUCTIVA

Al ser objeto del proyecto, el estudio en si mismo de soluciones constructivas y sus soluciones en obra, se ha optado por utilizar varios tipos de sistemas constructivos. Estudiando y analizando así cuales son los sistemas más beneficiosos, y ventajosos para futuros proyectos y estudios.

Sustentación del Edificio y Sistema Estructural

La planta sótano o planta -1 se realiza sobre cimentación de zapatas y vigas de atado en hormigón, pilares de hormigón armado y cerramiento de bloque de termoarcilla.

El forjado de planta baja es una losa pinve de vigas prefabricadas de hormigón unidireccional con 8 m de luz y el forjado planta de cubierta es de estructura de madera acabo en chapa tratada con luces de hasta 12 m.

La planta primera o planta principal de forma prácticamente rectancular tiene sus dos lados más cortos como muros de carga de termoarcilla armada y los dos lados más largos son de estructura ligera de madera.

Sistemas de Envolventes y Acabados

- Fachada este: estructura de madera con aislamiento, acabada en SATe (sistema de aislamiento térmico por el exterior) de Baumit- acabado nanoport fine (autolimpiable)
- Fachada oeste: estructura de madera con aislamiento + fachada ventilada acabada en abeto douglas tratada
- Fachada norte y fachada sur: estructura de termoarcilla con aislamiento de xps al interior de 10 cm, y al exterior Piedra sentada a hueso (Piedra gallega o del pais)

Sistemas de Acondicionamiento e Instalaciones

Los sistemas utilizados son aerotermia para ACS y suelo radiante y ventilación con recuperador de calor.

La tecnología de las bombas de calor aire agua permite extraer la energía del aire de la forma más eficiente a través de un ciclo frigorífico reversible. El ciclo frigorífico utiliza refrigerante R410a como medio de transporte de la energía aertérmica capturada en el evaporador gracias al cambio de fase líquido-vapor (intercambio con el aire exterior), en modo calefacción, impulsada por el compresor hacia el condensador, donde un nuevo cambio de fase vapor-líquido cede el calor resultante al agua de calefacción.

Calefacción

El sistema de aerotermia de saunier douval utilizado para suelo radiante es: Genia Air 5/2 - Clase de Eficiencia energética estacional en calefacción: A ++.

Es una bomba de calor aire/agua con tecnología inverter DC de última generación y altísimo rendimiento. Incorpora un moderno compresor inverter, un ventilador modulante, un sistema de expansión electrónico, la bomba de alto rendimiento y bajo consumo, así como otros elementos orientados a obtener unos elevados ratios de eficiencia con muy bajos niveles sonoros. Trabaja como generador principal del sistema a las órdenes del Examaster, el cerebro del sistema. Obtiene energía gratuita y renovable del aire (aerotermia) consumiendo algo de energía eléctrica. Su rendimiento puede ser superior al 500% según las condiciones de trabajo del equipo, esto es, por cada kilovatio consumido de la red eléctrica puede conseguir inyectar en la vivienda 5 kilovatios o más. Al ser una bomba de calor aire/agua en formato compacto no introduce refrigerante en el interior de su vivienda, sólo conduce agua por las tuberías. Insistimos, con GENIA Air, lo que circula por las tuberías de su casa es algo tan ecológico como el agua.

EXAMASTER: Es el cerebro del sistema. Las bombas de calor GENIA Air funcionan conectadas a él mediante ebus y a su vez él sólo conoce las funciones y datos de estas bombas de calor. Sus funciones y datos están adaptados para ellas y para los generadores de soporte que se implementen (caldera nueva o existente, resistencias, etc). Recibe información de cuál es la temperatura interior, cual es la temperatura que se desea como consigna y cuál es la temperatura exterior y decide en función de los precios de la energía y las demandas qué generador debe trabajar y cómo, qué emisores (radiadores, suelo radiante, fancoils) deben ponerse en funcionamiento y a qué temperatura. Gestiona prioridades (agua caliente, calefacción, refrigeración, piscina) y puede anticiparse a los servicios de calefacción. También activa el calentamiento del agua caliente (ACS) si ésta no está suministrada por una caldera mixta. Si la caldera mixta es de Saunier Duval y dispone de ebus también se hace cargo de su funcionamiento. Gestiona los generadores con filosofía "Y" para optimizar el coste económico del servicio y aplica curvas auto-adaptativas para ahorrar energía evitando errores de configuración. Es capaz de gestionar hasta 3 zonas maestras de similares temperaturas de emisión con Exacontroles independientes. No sólo recoge la información de temperatura interior, sino que también lo hace con la humedad relativa del ambiente. Puede integrar en su gestión componentes de control de otros fabricantes (en el supuesto de que su casa ya tenga un sistema de control del suelo radiante válido) o incluso gestionar dos zonas con diferentes temperaturas de emisión (una zona de suelo radiante y otra de radiadores, por ejemplo). Gestiona el valor de emisión de temperatura en refrigeración teniendo en cuenta la humedad ambiente para evitar la condensación en el suelo.

Refrigeración

La bomba de calor también hace la función de suelo refrescante, aunque no sea necesaria en este edificio.

Ventilación

El sistema de ventilación se realiza con una máquina de intercambiador de calor: ComfoAir Q350 - Caudal de aire max 350m3/h. - Unidad con By-pass free-cooling modulante - Intercambiador en forma de diamante, +25% incremento de superficie de contacto. - Presión disponible de (200Pa) a 350m3 / h. - Consumo de energía de 19 a 138w. - Eficiencia superior al 95% y un SFP de 0,24wh/m3. - Dimensiones: 850 x 725 x 570 mm.

Iluminación

Toda la vivienda utiliza leds.

Automatización y Control

ComfoSense C55 para control de la ventilación.

Otros

Por el cálculo realizado en el phpp no sería necesario hacer la instalación de calefacción, es decir la vivienda salvo días puntuales de extremo frío podría mantener temperaturas de confort. Pero se decide en proyecto colocar suelo radiante por el miedo conceptual de no tener calefacción en el norte de España, por si acaso. Con este proyecto observaremos y estudiaremos si era necesario o no.

La instalación de las carpinterías se desarrolla de manera especial con unas cintas a cara interior y cara exterior para garantizar la hermeticidad del edificio y con ello evitamos la perdida de energía. Utilizamos el modelo de carpintería kommerling 76 que está certificada y nos da más garantías en cuanto a ahorro de energía.

Energías Renovables in situ o en el entorno

Tipos Energías Renovables

Se barajó en proyecto utilizar paneles solares o células fotovoltaicas, pero la inversión era mucho mayor que el rendimiento a corto plazo y se desestimó. No compensaba económicamente.

Otros apartados

La forma de solucionar la hermeticidad en cada uno de los parámetros constructivos ha sido diferente atendiendo a los distintos materiales. En las fachadas con estructura de madera con láminas, en termoarcilla con yeso.

PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

El coste de la obra supera casi siempre el presupuesto de ejecución material, y así ha sido en este proyecto. En la actualidad estamos planteando soluciones para que se mantengan precios de ejecución estándar sin que sea un sobre coste.

CUMPLIMIENTO DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

INDICADORES	
Demanda Calefacción:	13 kWh/(m²a)
Emisiones CO2 Edificio:	5.2 Kg CO2/ m2
Carga calefacción (Potencia) Test blower door passivhaus	10 w/ m² 0.47 ren/h

CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS Y AMBIENTALES

La vivienda está terminando el proceso de certificación de passivhaus. Cumple phpp y el test de blowerdoor se ha realizado 3 veces durante la obra, resultando en la última prueba= 0.47 renovaciones /hora. Está a falta del certificado del instituto alemán de passivhaus.

IMÁGENES PROYECTO

Figura 2. Fachada oeste.

Figura 3. Fachada este.

Figura 4. Fachada sur de piedra.

Figura 5. Porcelánico gran formato en terraza. Vidrios de protección solar.

¿PASO A PASO O UN GRAN SALTO? EDIFICIO PLURIFAMILIAR CON CERTIFICACIÓN PASSIVHAUS-ENERPHIT EN GIRONA

Resumen Proyecto: Carrer Nou es el primer edificio plurifamiliar rehabilitado de Catalunya que consigue la certificación EnerPHit. Ganador del Gran Premio de Rehabilitación Sostenible de los Green Solutions Awards 2018 de Construction21. El edificio se encuentra en el centro histórico de Girona, la obra empezó durante el verano de 2016 y se ha acabado un año más tarde. El edificio original data de 1978, con muros de fábrica de ladrillo con acabado exterior de mortero y un enlucido interior de yeso. Los forjados son unidireccionales de vigueta de hormigón cubiertos con suelo de terrazzo. Se han instalado paneles de aislamiento PIR, de muy baja conductividad térmica, directamente en la cara interior del muro existente, seguidos de una cámara de instalaciones también aislada, con lana mineral, y cerrada con paneles de cartón-yeso. La hermeticidad se consiguió usando membranas acústicas sobre la cara superior de los forjados, encintadas con el PIR de los muros, que se encintó entre sí y a su vez con la capa de yeso existente, reparado, de las caras inferiores de los forjados. La climatización se compone de un sistema de techo radiante / refrescante que aporta gran confort, apoyado de una batería de agua incluida en el sistema de ventilación de doble flujo con recuperación de calor. La producción de climatización se realiza con una bomba de calor aerotérmica. Todo integrado mediante un sistema de control domótico que garantiza una fácil gestión.

Figura 1. Fachada del edificio del Carrer Nou.

DATOS GENERALES PROYECTO	
Emplazamiento:	Carrer Nou, 2. Girona
Uso Característico Edificio:	Residencial
Zona Climática:	D2
Obra Nueva / Rehabilitación:	Rehabilitación
Superficie Total Construida:	1038 m2
Fase del Proyecto:	Obra acabada, Agosto de 2017
Otros:	Edificio certificado EnerPHit Pilot Project

MEMORIA DESCRIPTIVA

Agentes del Proyecto

El proyecto se ha concebido desde un inicio como una rehabilitación energética para llegar a un edificio de consumo casi nulo, siendo vital la coordinación de muchos agentes desde el inicio y el trabajo en equipo:

- Promotor: MBD Real Estate
- Proyectistas: Jordi Rodríguez-Roda, Arquitecto, López-Pedrero-Roda Arquitectes
- Consultor Passivhaus: Oliver Style, Progetic
- Ingeniería de instalaciones: PGI Engineering
- Diseño sistema domótico: Progetic
- Constructora: Construccions Busquets Vilobí
- Instaladores: Terundar
- Certificación Passivhaus: Energiehaus Arquitectos

Antecedentes

El 62% de edificios residenciales en España es anterior a 1979, cuando la norma estableció un aislamiento mínimo por primera vez. Aún el clima suave de la península, el 11% de las familias españolas (alrededor de 5,1 millones de personas) no tiene suficientes recursos para mantener una temperatura adecuada en su casa. Es el momento de la rehabilitación integral, como oportunidad para reactivar el sector y a su vez, reducir el consumo energético global y mejorar el confort de los ciudadanos.

El reto que se planteó el equipo fue llegar a uno de los estándares de eficiencia energética más exigentes del mundo, en un entorno complejo como un centro histórico, con el precedente del edificio existente y sin la posibilidad de realizar modificaciones en la fachada, catalogada y protegida por el Plan Especial de Protección del Patrimonio del Casco Antiguo de Girona.

Descripción del Proyecto

Datado en 1978, de 1038 m2 construidos, el edificio tiene la fachada catalogada y se encuentra en el centro de la ciudad. Se compone de muros de fábrica de ladrillo de carga con acabado exterior de mortero y un enlucido interior de yeso. Los forjados son unidireccionales de vigueta de hormigón cubiertos con suelo de terrazo.

El edificio, se compone de Planta Baja y 6 Plantas Piso, orientado a Sur, las ganancias solares quedan minimizadas por los edificios vecinos del Carrer Nou, de 8 m de ancho. El núcleo de escalera queda centrado en parte posterior y en cada planta encontramos un apartamento, siendo el último un dúplex.

Teniendo en cuanta la fachada protegida, se han planteado todas las actuaciones de aislamiento y hermeticidad en el interior del edificio, con soluciones técnicas específicas que han obligado a tratar la hermeticidad al aire por cada planta.

MEMORIA CONSTRUCTIVA

Sustentación del Edificio y Sistema Estructural

El edificio se compone de muros de carga de fábrica de ladrillo y forjados unidireccionales de vigueta de hormigón. La estructura se ha revisado, saneado y reparado cuando ha sido necesario. La sexta planta, es una remonta de estructura de paneles de madera, CLT.

Sistemas de Envolventes y Acabados

Se ha diseñado una envolvente continua por la cara interior de los cerramientos del edificio. De altas prestaciones térmicas, aísla del medio exterior. Se ha diseñado una estrategia de hermeticidad por cada planta, creando una línea

continua en cada apartamento. La hermeticidad evita infiltraciones de aire exterior no acondicionado, frío en invierno y cálido en verano, y con una carga de humedad diferente.

El ascensor y el hueco de escalera quedan fuera de la envolvente térmica.

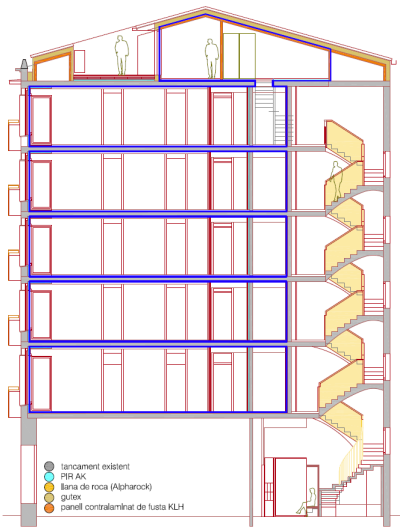


Figura 2. Envolvente térmica y capa hermética, sección.

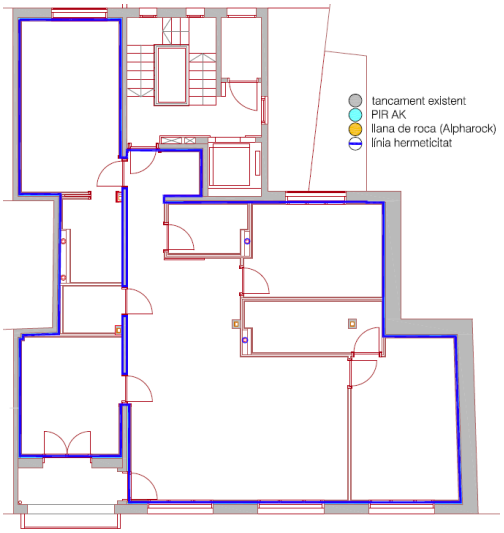


Figura 3. Envolvente térmica y capa hermética, planta tipo (apartamento).

Aislamiento térmico: Forjado, fachadas y cubiertas

- El forjado sobre el pasaje y los locales comerciales se ha aislado con 50 mm de PIR, sobre éste, 20 mm de mortero, 3 mm de membrana acústica y los pavimentos cerámicos o parqué, según la estancia.
- Los muros exteriores consistían en un rebozado exterior de 20 mm, 290 mm de ladrillo perforado y 15 mm de enlucido de yeso. Para alcanzar la transmitancia requerida por el estándar (U ≤ 0,19 W/m2·K) sin perder demasiada superficie útil, se optó por el aislamiento PIR, 80 mm, fijado al muro existente, 48 mm de cámara de instalaciones aislada con lana mineral y un acabado de cartón-yeso.
- El ático, de nueva construcción, se ha aislado por el exterior de la estructura de CLT con 140 mm de fibra de madera insuflada entre rastreles y 60 mm de fibra de madera de alta densidad, en paneles con un rebozado exterior. Una membrana reflectante, permeable al vapor pero hermética al aire, se instaló en la cubierta para reducir las ganancias solares por transmisión durante el verano.

Huecos

Se han instalado carpinterías de madera de altas prestaciones térmicas, con una transmitancia térmica de 1,06 W/m2K de promedio.

Los vidrios son triples, bajo emisivos con gas argón en las cámaras, con la composición 44*/12ar/4/12ar/44*, con una transmitancia de 0,60 W/m2K y un factor solar de 46%. Los espaciadores entre vidrios son plásticos, tipo *warm-edge* para reducir el puente térmico.

Reducción de puentes térmicos

El principal reto ha sido reducir el puente térmico y aumentar la temperatura superficial mínima en el detalle de unión de forjados con el muro exterior. Se ha aislado en el primer metro de suelos y techos del forjado 50 mm extra de aislamiento. El coeficiente de puente térmico se ha reducido de Ψ = 0,47 W/m·K to Ψ = 0,28 W/m·K, la temperatura superficial mínima se ha mantenido por encima de 16ºC.

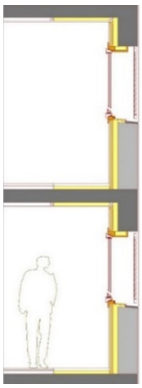


Figura 4. Detalle de forjado intermedio y muro exterior.

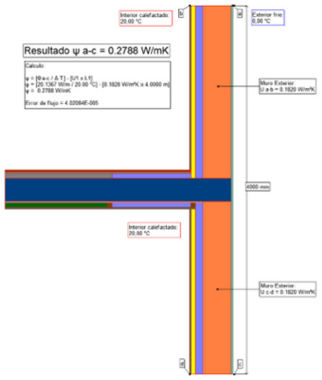


Figura 5. Cálculo Puente térmico ISO 11 del detalle anterior.

Figura 6. Aislamiento en la unión forjado-muro para reducir el puente térmico.

Figura 7. Aislamiento en la unión techo-muro para reducir el puente térmico.

Hermeticidad

Los materiales de la capa hermética son en suelos la membrana acústica, que también es hermética al aire, encintada entre sí, en muros los paneles los paneles de PIR instalados en muros encintados entre sí y en techos el enlucido de yeso existente, reparado. Los paneles se han encintado a la membrana acústica y al enlucido de manera que cada apartamento quedaba como una unidad estanca. Las carpinterías se han encintado a los paneles PIR y las cajas de persiana se han aislado y sellado. Los pasos de instalaciones (cableado, saneamiento, ventilación, etc.) se han sellado a los materiales de la capa estanca. Los valores finales de infiltraciones N50 quedaron entre N50 0.78/h to 1.03/h.

Figura 8. Sellado hermético de juntas entre paneles PIR y el enlucido de yeso.

Figura 9. Sellado hermético del paso de un bajante.

Protección contra la humedad

El aislamiento interior ha requerido un análisis del riesgo de daños por humedad mediante cálculos higrotérmicos realizados con la herramienta WUFI Pro, siguiendo la norma EN 15026. Las simulaciones se han realizado sobre un periodo de 10 años, para la fachada norte, se ha comprobado la temperatura y humedad relativa en el punto crítico entre el muro existente y el aislamiento. Los resultados muestran una humedad relativa inferior al 80%, sin riesgo de daños por condensaciones intersticiales, comprobando la calidad constructiva de la solución.

Figura 10. Resultados de la simulación higrotérmica para un periodo de 10 años de la temperatura y la humedad relativa en el punto crítico entre el muro existente y el aislamiento térmico de la fachada norte.

Sistemas de Acondicionamiento e Instalaciones

Se ha diseñado una solución que ofrece calefacción y refrigeración con el mismo elemento terminal, trabajando de manera casi silenciosa y a baja temperatura, dando un alto confort térmico y un buen rendimiento trabajando con bomba de calor.

Calefacción

Dada la baja demanda térmica de calefacción, se ha utilizado el sistema de ventilación de doble flujo con recuperación de calor como sistema terminal de calefacción. Para ello, se ha integrado una batería de post-tratamiento de aire en el sistema, que acaba de calentar el aire de impulsión una vez este ha realizado el intercambio de calor. La batería de agua, está conectada a una bomba de calor aerotérmica monobloc Daikin aire-agua, que se encarga de la producción. Cada apartamento tiene un sistema de producción individual.

Refrigeración

La simulación del edificio en el software PHPP mostró que la refrigeración pasiva sin ventilación natural nocturna aumentaba la frecuencia de sobrecalentamiento al 20% de las horas del periodo de verano. Con un cálculo conservador de 0,6 ren/h de ventilación nocturna, la frecuencia de sobrecalentamiento bajó al 7%. Sin embargo, con el posible problema de ruido debido a la proximidad de bares y restaurantes con mesas al aire libre, se diseñó un sistema de refrigeración.

Para la refrigerar se utilizó el mismo sistema que para calefacción, totalmente reversible y se añadió un sistema de paneles radiantes-refrescantes Zehnder NIC en el techo, para dotar al conjunto de más potencia y cubrir la carga térmica máxima en verano.

Ventilación

El sistema de ventilación es individual por cada apartamento, de doble flujo con recuperación de calor y humedad es de muy alta eficiencia, certificado por el Instituto Passivhaus. Consta de una máquina de ventilación Zehnder ComfoAir Q 600 de 600 m3/h de caudal máximo y dos silenciadores, uno por cada circuito, impulsión y extracción. El sistema de distribución es en estrella, formado por conductos de polipropileno, conectados a bocas de impulsión/extracción instaladas en falso techo.

Iluminación

La iluminación es tipo LED, de alta eficiencia.

Automatización y Control

La integración de los equipos y el control del sistema se lleva acabo con una centralita de domótica Loxone, sensores de temperatura y humedad por estancia, y elementos que actúan sobre la bomba de calor, los circuitos hidráulicos y el ventilador, dando información a distancia del comportamiento real del sistema, y permitiendo el ajuste de los parámetros de funcionamiento para optimizar su rendimiento.

Producción de Agua Caliente Sanitaria

El sistema de producción de ACS consta de una bomba de calor termodinámica solar y cuatro tanques de almacenamiento de 500 litros, ubicados fuera de la envolvente térmica. Las tuberías de circulación de ACS están aisladas con 35 mm de aislamiento y se extienden completamente fuera de la envoltura térmica.

Energías Renovables in situ o en el entorno

PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

El coste por metro cuadrado construido ha sido: 1.185 €/m2.

CUMPLIMIENTO DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

El edificio se ha rehabilitado bajo un estándar energético para edificios de consumo energético casi nulo. Se han seguido estrategias de aislamiento, hermeticidad, reducción de puente térmicos, control de ganancias solares en verano, etc.

INDICADORES	
Consumo Energía Primaria no renovable:	111 kWh/m2·año
Demanda Calefacción:	17,5 KWh/m2·año
Demanda Refrigeración:	4,5 KWh/m2·año
Emisiones CO2 Edificio:	*22,7 kg CO2 eq./m2·a*

CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS Y AMBIENTALES

- Calificación energética del edificio: A
- Certificación Passivhaus EnerPHit Pilot Project.

IMÁGENES PROYECTO

Figura 11. Fachada del edificio desde el Carrer Nou, y Figura 12. Armario entrada (máquina de ventilación integrada).

Figura 13. Vista de la cocina de uno de los apartamentos, y Figura 14. Vista de la sala de estar-comedor de uno de los apartamentos.

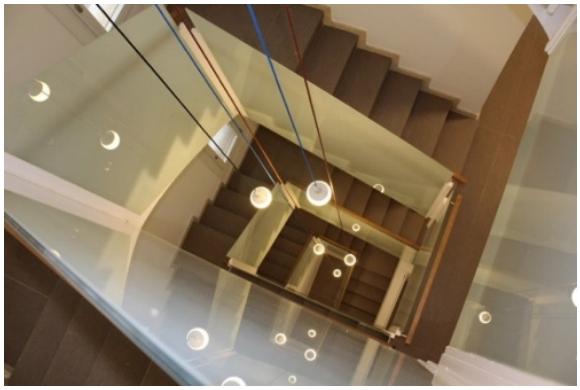


Figura 15. Vista de la remonta desde la terraza de cubierta, y Figura 16. Hueco de escalera del edificio.

LA BORDA, PROMOCIÓN DE VIVIENDA COOPERATIVA CON CRITERIOS DE CALIDAD AMBIENTAL

Resumen Proyecto: El edificio, en fase final de obra, apuesta por un modelo de vivienda colectiva, comunitario, antagónico al tradicional de promociones público-estatales o privadas que ha permitido superar algunas de sus grandes limitaciones. La innovación ha sido un elemento clave del proceso del que se identifican 5 características: Autopromoción, Propiedad Colectiva, Vida comunitaria, Sostenibilidad y Asequible. Se priorizó realizar un edificio con el mínimo impacto ambiental, tanto en construcción como en uso, y la eliminación de la vulnerabilidad a la pobreza energética de las usuarias, El concepto de NZEB se convierte en condición de partida. La experiencia se plantea como una prueba piloto para extender el modelo y fomentar su replicabilidad.

Figura 1. Asamblea de socios habitantes en 2014.

DATOS GENERALES PROYECTO	
Emplazamiento:	C/ Constitució 85-89, Barcelona
Uso Característico Edificio:	Vivienda Plurifamiliar
Zona Climática:	C2
Obra Nueva / Rehabilitación:	Obra Nueva
Superficie Total Construida:	3.000 m2
Fase del Proyecto:	En fase final obra
Número de viviendas	28 viviendas

MEMORIA DESCRIPTIVA

La apuesta de La Borda por un modelo comunitario antagónico a las promociones público-estatales o privadas ha permitido superar algunas de las grandes limitaciones que se imponen en los proyectos de arquitectura. En el primer caso el miedo al habitante, que es totalmente desconocido, imposibilita introducir cambios que puedan afectar al modo de vivir establecido. En el segundo caso, se imponen las lógicas del mercado que mediocratizan la vivienda para facilitar su asimilación a un objeto de consumo.

La Borda es una experiencia que se entiende a sí misma como una prueba piloto para extender el modelo y fomentar su replicabilidad en el territorio, actualmente se encuentra tanto la promoción como el proyecto arquitectónico en desarrollo. Por este motivo, nos parece imprescindible poner atención al proceso para analizar sus características, a la espera del contraste con la realidad (la previsión es entrar a vivir en La Borda en 2018), ya son muchos los pasos realizados, las decisiones tomadas y los aprendizajes a compartir.

Agentes del Proyecto

- Promotor: La Borda, cooperativa d'habitatges en cessió d'ús
- Proyectistas: Lacol, Arquitectura Cooperativa
- Dirección Obra: Lacol, Arquitectura Cooperativa
- Otros Técnicos Intervinientes:
    - Estrategias de sostenibilidad: Societat Orgànica y PAuS (Coque Claret i Dani Calatayud)
    - Dirección Ejecución Obra y CSS: AumedesDAP,
    - Instalaciones: Arkenova
    - Estructuras: Miguel Nevado

Antecedentes

El proceso se inicia en el año 2012 en el marco de la recuperación comunitaria del recinto industrial de Can Batlló en Barcelona, cuando un grupo de vecinos y vecinas deciden autoorganizarse para resolver de manera colectiva la necesidad de acceso a la vivienda mediante la implementación de una cooperativa en cesión de uso. Para La Col esta es la primera aproximación a la vivienda colectiva, dónde nos involucramos desde el inicio en la promoción con la motivación de construir una alternativa en un contexto de grave crisis habitacional. Esta implicación se convierte en una oportunidad para repensar la producción de la vivienda popular, desde abajo y con la participación de las futuras usuarias.

Descripción del Proyecto

La innovación del proceso de promoción ha sido un elemento clave para trabajar la arquitectura más allá de su formalización. Del modelo se identifican cinco características que nos han condicionado las estrategias del proyecto: autopromoción, cesión de uso, vida comunitaria, sostenibilidad y accesibilidad.

Autopromoción: Las personas socias de la cooperativa, y futuras usuarias, son las que dirigen, controlan y desarrollan todo el proceso de promoción mediante una estructura interna que fomenta su participación directa en comisiones de trabajo y en una asamblea general mensual. La cooperativa solo tiene el apoyo de equipos técnicos especializados en las tareas que no puede asumir por parte de sus socias, como es el caso del proyecto arquitectónico.

La implicación de las futuras usuarias es una de las mayores singularidades y potencialidades desde nuestro punto de vista, ya que es la gran incógnita en todos los proyectos de vivienda colectiva, por lo que se convierte en el punto de partida del proyecto. El conocimiento exhaustivo del grupo y de sus necesidades reales pone en cuestión los patrones familiares y perfiles preestablecidos y la normativa relativa a la vivienda, para adecuar las decisiones a los requerimientos de la cooperativa. Además, se ha integrado la participación activa de las usuarias en todas las fases del proceso: diseño, construcción, gestión y uso de la vivienda. Con el diseño colaborativo del edificio mediante talleres temáticos se aprovecha la inteligencia colectiva del grupo promotor y se le corresponsabiliza de las decisiones del proyecto. Son procesos que aumentan la concienciación y empoderan, a la vez que estimulan el sentimiento de comunidad y pertenencia.

Cesión de uso y propiedad colectiva: La cooperativa será la propietaria del edificio, a construir sobre un solar de titularidad pública, y cederá el derecho de uso sobre la vivienda a sus socias, agrupadas en unidades de convivencia. Con este modelo de tenencia alternativo a la propiedad privada se pone el valor únicamente en el uso de la vivienda, y no en su valor de cambio en el mercado, para evitar usos especulativos.

El hecho de situar el valor de uso y lo colectivo en el centro, nos lleva a pensar el edificio como una infraestructura abierta5 donde el propio uso es el que acaba configurando la arquitectura en el tiempo, adaptándose a la evolución de la comunidad y a las necesidades cambiantes de las usuarias. Que la gestión del edificio sea responsabilidad de la misma comunidad debe facilitar su desarrollo.

La infraestructura común, el soporte, se define a partir de una matriz homogénea indeterminada de unidades habitacionales de 16m^2 que generan múltiples tipologías des jerarquizadas y altamente apropiables para cada usuaria por medio de decisiones libremente adoptadas.

Vida comunitaria: La Borda quiere fomentar formas de convivencia más comunitarias que potencien la interrelación entre las personas que la habitan mediante los espacios compartidos. Establecer vínculos de cooperación en el ámbito del trabajo doméstico y los cuidados para visibilizar las esferas privadas de la vida cotidiana.

Esta premisa abre la posibilidad de repensar el programa de la vivienda colectiva, para adaptarlo al modelo de vida que imaginan las futuras usuarias. Se rompe con el esquema de edificio resultado de la suma de unidades individuales para entenderlo como una sola casa compartida donde se desdibuja el límite entre el espacio privado y el comunitario.

Las viviendas reducen un 10% su superficie para poner en común servicios como la lavandería, las habitaciones de invitados o trasteros, en muchas ocasiones sobredimensionado o infrautilizado en las viviendas convencionales. Además, el edificio cuenta con espacios extras de sociabilización como una gran cocina comedor, una zona de salud y cuidados, una reserva de espacio sin uso, adaptable a las necesidades vitales del grupo en cada momento, el patio central que concentra todas las circulaciones y las terrazas exteriores.

Sostenibilidad: La cooperativa prioriza realizar un edificio con el mínimo impacto ambiental, tanto en su construcción como en su vida útil, siendo también en este ámbito un referente para nuevas promociones de obra nueva. Otro objetivo básico, es eliminar la posibilidad de pobreza energética entre las futuras usuarias, situación que sufren algunas de ellas en la actualidad debido al elevado coste de la energía y la escasez de renta disponible.

La estrategia inicial del proyecto consiste en reducir la demanda energética a partir de la optimización del programa del edificio: renunciando a la construcción del aparcamiento (fomentando a la vez un modelo de movilidad más sostenible), colectivizando servicios y reduciendo la superficie de las viviendas.

A nivel arquitectónico, se han introducido el máximo de parámetros bioclimáticos para conseguir un edificio pasivo, con soluciones que implican una acción activa de las usuarias en la gestión climática de la vivienda. El resultado es un consumo energético casi nulo, y el confort en las viviendas con el mínimo coste asociado.

Asequible: Una condición imprescindible es garantizar el acceso a una vivienda digna y asequible, para convertirse en una alternativa accesible para las rentas bajas. Las dificultades de financiación hacen que el coste de la construcción sea un factor determinante para establecer el valor de la cuota mensual.

Se siguen diferentes estrategias para minimizar la inversión inicial: presupuestos como herramienta de trabajo, prefabricación y sencillez constructiva, fases de obra y autoconstrucción. El proyecto plantea dos fases de obra, la primera busca alcanzar los mínimos habitables que permitan entrar a vivir en el edificio, y la segunda fase, posterior a la ocupación, para completar en el tiempo el conjunto (espacios comunitarios y personalización de las viviendas). Además, en el diseño del edifico se han incorporado soluciones low-tech para favorecer procesos de autoconstrucción en tareas concretas de la obra que permitan reducir el coste global y su mantenimiento en el tiempo.

Prestaciones del Edificio

- Certificación energética A según RD 235/2013 (tanto en energía primaria como en emisiones de CO2).
- Energía incorporada en los materiales: 300 kg CO2/m2. reducción del 50% aprox. respecto a edificios estándar
- Consumo de agua de 70 l/persona-día
- Residuos de obra: hasta un 90% de reciclaje. Lo que supone más de un 50% respecto a los mínimos normativos
- Estimación de gasto energético anual: 13,000 € para la totalidad del edificio, entre 350-450€/vivienda

MEMORIA CONSTRUCTIVA

La principal estrategia del proyecto para reducir el impacto ambiental de los materiales es la optimización de las soluciones constructivas (menos cantidad para un mismo servicio), el uso de materiales reciclados/reciclables y de origen biosférico, así como la máxima reutilización de residuos de obra.

Sustentación del Edificio y Sistema Estructural

Una de las decisiones de mayor incidencia ha sido la definición del sistema estructural del edificio, En planta baja la estructura es de hormigón y 6 plantas superiores en estructura de Madera CLT. La ligereza del conjunto del edificio permite un sistema de cimentación con losa continua de tan solo 40 cm. Esta solución permite reducir el impacto ambiental del edificio de forma significativa (alrededor de los 300 kg de CO2/me de energía incorporada) respecto a soluciones convencionales de hormigón o acero. Para optimizar los costes de la estructura en CLT se minimiza la mecanización de los paneles y sus mermas trabajando siempre con oberturas verticales de suelo a techo o ventanas longitudinales, evitando recortes en los paneles. El sistema estructural permite romper todos los puentes térmicos y dar un gran aislamiento térmico continuo solo con el soporte del edificio.

Sistemas de Envolventes y Acabados

Salvo la incorporación de una losa 7cm de hormigón en los forjados como pavimento, ejecutada in situ, que aporta inercia y complementa el funcionamiento al fuego del conjunto de la estructura, el edificio en sus seis plantas piso se podría considerar como sistema seco, con particiones interiores de cartón yeso, carpinterías de madera de baja transmitancia y elevada estanqueidad y fachadas ventiladas de chapa minionda. Se reduce a mínimo el uso de falsos techos, solo en baños, lo que se permite disponer de la madera estructural vista en una gran parte del edificio como acabado que aumenta el potencial de regulación higrométrica de las viviendas. La cubierta es ajardinada con el objetivo de permitir mejorar la calidad del aire del atrio y complementar la mejora de la biodiversidad del futuro parque de Can Batlló.

Sistemas de Acondicionamiento e Instalaciones

La definición de los sistemas e instalaciones obedecen a la siguiente estrategia de proyecto:

1. Reducción de la demanda
   a. Diseño bioclimático: máximo aprovechamiento solar, ventilación cruzada, galerías a sur, patio cubierto, niveles aislamiento por sobre normativa,
   b. confort climático: a partir de encuestas y posibilidades de gestión elevadas por el usuario
   c. colectivización algunos usos: lavandería, espacio invitados, cocinas por grandes comidas.
2. Aumentar la eficiencia
   a. equipamiento eficiente tanto en producción, como en emisores, regulación, etc.
3. Aprovechamiento de recursos locales y reciclaje
   a. energías renovables: uso de Biomasa para la generación de calefacción y ACS
4. Uso y gestión del edificio y las instalaciones
   a. proveer al usuario de los mecanismos y la información necesaria para una óptima gestión

Calefacción

Sistema de producción de Calefacción y ACS: instalación centralizada de caldera de Biomasa (2Un de 45 kW para todo el edificio) y emisión por radiadores de mínima dimensión en el interior de las viviendas (ratio <15W/m^2 de media).

Refrigeración y ventilación

La tipología pasante en todo el edificio y la gestión del patio/atrio como elemento disipador en período estival, permiten al edifico cubrir las necesidades de los usuarios a partir de la ventilación natural sin depender de sistemas activos de refrigeración. Ventilación mecánica con sistema simple de extracción con control de velocidades por parte de los usuarios que deberán tener un rol activo importante.

Iluminación, Automatización y Control

Máximo aprovechamiento de la luz natural por tipología de las viviendas, potencia instalada <4 W/m^2. El conjunto de consumos térmicos, estarán monitorizados (mediante sondas y dataloggers), así como las variables de calidad del aire en 6 viviendas tipo con lectura temperatura, humedad y concentración de CO2. Hay la previsión de conseguir centralizar los contadores individuales eléctricos en un solo contador colectivo y monitorizar los consumos eléctricos por vivienda. Esta centralización estaba prevista en proyecto y, aunque la ley lo permite en edificios sin división horizontal como es el caso, la compañía se ha negado hasta el momento.

Energías Renovables in situ o en el entorno

Se ha apostado por la producción centralizada de calor (Calefacción y ACS) a partir de Biomasa. El patio central está cubierto por un atrio de estructura semitransparente con aberturas que se gestionan a lo largo del año en función de las condiciones climáticas. En invierno es un espacio de pretratamiento del aire exterior y funciona como un gran recuperador pasivo de energía del edificio. En verano funciona como una chimenea de disipación del calor de las viviendas. Previsión de realizar una instalación fotovoltaica en la cubierta superior cuando se consiga un solo contador colectivo para todo el edificio.

PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

Para financiar la promoción, cuyo coste es de unos 3 millones de euros, la cooperativa obtuvo ingresos a través de las aportaciones de capital social de 18.500 euros de cada unidad de convivencia. Para garantizar la financiación económica, la cooperativa de servicios financieros éticos y solidarios, Coop57, emitió participaciones por 862.000 euros que se agotaron en 19 días. Coop57 también financió con fondos propios 800.000€ mas realizando una gran apuesta estratégica en el modelo cooperativo que se estaba desarrollando. El resto del finanzamiento se ha logrado con aportaciones o inversiones de socios colaboradores, entidades de la cooperativa social y solidaria y personas a título individual. El conjunto de la operación ha logrado desvincularse del sistema bancario.

CUMPLIMIENTO DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

La envolvente del edificio tiene prestaciones por encima de los mínimos normativos: muros U=0,23 - 0,30 W/m2·K, cubiertas U=0,17 - 0,20 W/m2·K, ventanas U= 1,6 W/m2·K y U= 1,40 W/m2·K, particiones entre viviendas U= 0,46 W/m2·K. Se incorporan soluciones bioclimáticas que aumentan las prestaciones de los elementos de la envolvente en su conjunto. Las demandas térmicas (calefacción y refrigeración) simuladas con software dinámico (EnergyPlus) que permite reflejar de forma detallada las estrategias pasivas del edificio y la actuación del usuario, permiten obtener datos de demanda anual mucho más bajos que los obtenidos con las herramientas oficiales (HULC).

INDICADORES	
Consumo Energía Primaria no renovable:	21 kWh/m2·a
Demanda Calefacción:	17,24 kWh/m2·a (HULC) 7,03 kWh/m2·K (Energy+)
Demanda Refrigeración:	5,38 kWh/m2·a (HULC) 1,0 kWh/m2·K (Energy+)
Aporte Renovables:	100% de calefacción y ACS con Biomasa. Previsión de incorporar Fotovoltaica/autoconsumo
Emisiones CO2 Edificio:	4 kg CO2/m2·a

CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS Y AMBIENTALES

En fase de proyecto y obra terminada Certificación Clase A según I.D.A.E RD 235/ 2013.

IMÁGENES PROYECTO

Figura 2. Proceso participativo en el diseño con las usuarias.

Figura 3. Tipos de vivienda y posibilidades de adaptación de los usuarios.

Figura 4. Estructura de madera CLT en tercera planta y vista general de la estructura desde el patio.

Figura 5. Vista interior viviendas con la estructura de madera terminada.

Figura 6. Cubierta Atrio con invernadero e interior de vivienda para entregar.

Figura 7. Fachada sur con terrazas y galerías de captación.

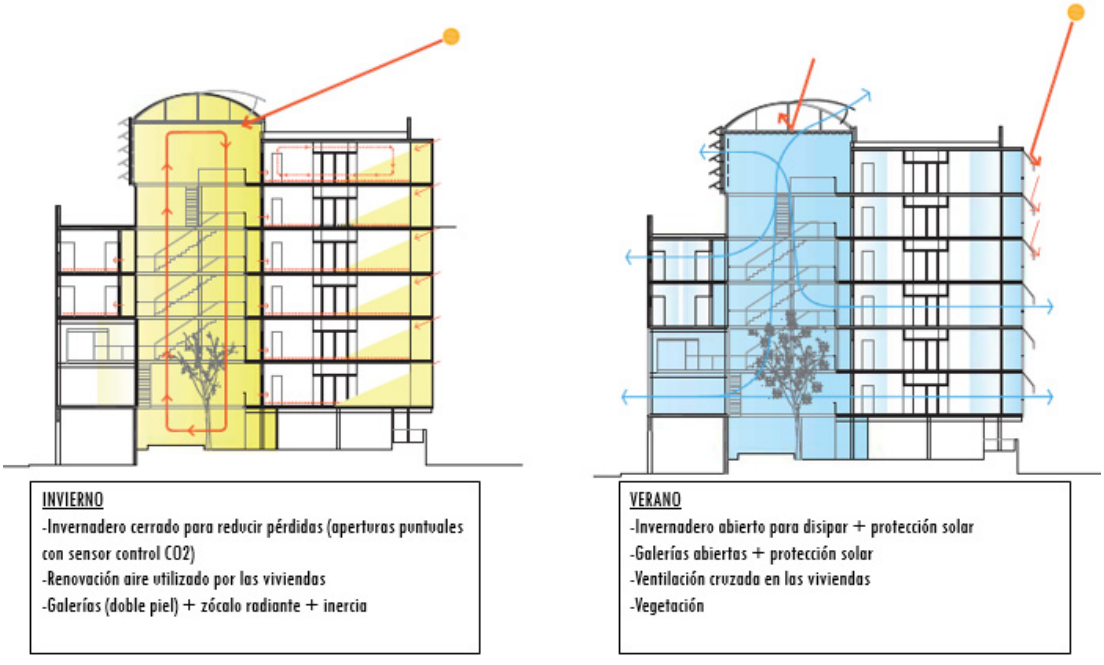


Figura 8. Esquemas de funcionamiento bioclimático.

EDIFICIO DE 8 VIVIENDAS EN VIGO

Resumen Proyecto: En el corazón de la ciudad de Vigo se le cambia el uso a un inmueble con uso hotelero para convertirlo en el primer edificio de viviendas en la comunidad autónoma de Galicia con consumo energético casi nulo. Se trata de un edificio de 7 viviendas, una por planta y una última especial desarrollada en tres plantas. Se persigue que estas viviendas desprendan salud, que participen de su entorno, así como de la ciudad. Su estratégica situación las convierte en un lugar ideal, desde donde observar el mar y ubicadas en una de las principales calles comerciales de Vigo, no conformes con estos puntos de partida, se busca que las propias viviendas sean un oasis de paz, salud y confort, un auténtico lujo en el siglo XXI.

Figura 1. Imagen virtual de salón de vivienda tipo.

DATOS GENERALES PROYECTO	
Emplazamiento:	Calle Colón 11, Vigo (Pontevedra)
Uso Característico Edificio:	Residencial
Zona Climática:	C1
Obra Nueva / Rehabilitación:	Rehabilitación
Superficie Total Construida:	2100 m^2
Fase del Proyecto:	En construcción

MEMORIA DESCRIPTIVA

La propia filosofía del proyecto, los condicionantes de la zona y de las normativas actuales, condicionan los puntos de partida de esta obra, por lo que la volumetría es uno de los puntos que se deben de mantener, así como su estructura actual. Más que una complicación inicial, es un punto de partida diferente, donde el respeto por lo ya existente hace que vayamos más allá.

El programa de necesidades abarca una vivienda por planta con un total de 7 viviendas y en las tres últimas una propiedad singular en forma de triplex con un programa más holgado.

El reto de poder llegar a estos estándares de máxima calidad en un edificio de este estilo no es sencillo, pero la suma de todos los criterios de salubridad, confort, eficiencia, salud, soleamiento, etc. exigidos por la propiedad hacen de este proyecto un reto y un desmarque de lo que se está haciendo todavía a día de hoy en la zona.

Agentes del Proyecto

Esta idea surge de Dulce Iglesias Nieto, especialista del sector inmobiliario y en los últimos años interesada en los estándares Passivehouse. Cree firmemente en la mejora de las condiciones habitacionales y por ello se forma y obtiene el curso de técnico según el Passive House Institute en Damstadt, Alemania. La secunda un equipo de diferentes técnicos formado por los siguientes agentes:

- Promotor: COLON 11 S.L.
- Técnicos Intervinientes: Óscar Sánchez Martínez, COAG Nº 3353
- Otros Agentes:
- Proyecto auditado por Energiehaus S.L.
- Instalaciones Exinor S.L.
- Emmacosa Consultoría S.L.
- Klaus Multiparking
- Ascensores Kone Corporation

Antecedentes

El edificio se encuentra ubicado sobre un solar de 242,63 m2, cuya forma es asimilable a un rectángulo de aproximadamente 8 metros de ancho y 33 metros de largo. La dimensión mayor del solar coincide con el eje este-oeste. En el lindero sur, el inmueble está completamente adosado a una edificación que dispone de una altura similar a la edificación a reformar. En el lindero norte, la edificación también está adosada a una edificación de altura similar en una longitud de 23 m, mientras que los 10 metros restantes coinciden con un patio de manzana sobre el que la parcela dispone de un derecho de luces y vistas. Aunque el uso de la edificación es el de hotelero, en la actualidad no se ejerce dicha actividad y se encuentra completamente desocupada.

Descripción del Proyecto

La edificación está situada en la zona central del término municipal de Vigo, en un área eminentemente urbana. El edificio existente forma parte de una manzana de edificaciones entre medianeras, estando la edificación objeto del presente proyecto adosada a otras dos edificaciones en sus linderos norte y sur respectivamente.

La edificación dispone de 10 plantas sobre la rasante, de las cuales las 4 primeras ocupan el total de la parcela, y las 6 restantes se retranquean aproximadamente 13 metros del lindero este. Las fachadas de la edificación se abren hacia el este y el sur. En la edificación existen 3 patios de luces interiores en la parcela.

La edificación dispone de 2 accesos diferenciados. El principal, que es tanto rodado como peatonal, se produce desde la calle Colón. El otro acceso es tan solo peatonal y se encuentra situado coincidente con un pasadizo de entrada a una edificación contigua desde la calle Rosalía de Castro.

Prestaciones del Edificio

El proyecto cumple con las prestaciones básicas pedidas hoy en día para cualquier edificio similar en tipología al que presentamos. Las prestaciones de funcionalidad: utilización, accesibilidad y acceso a los servicios. También en lo referente a la habitabilidad y a relacionadas con la salubridad, la protección contra el ruido y específicamente el ahorro de energía y el aislamiento térmico, puntos en los que se proyecta siguiendo las bases de los estándares Passivehouse, muy por encima de los máximos exigidos por la normativa actual. También se tuvo especial exigencia con todas

aquellas prestaciones relativas a la seguridad tanto estructural como en caso de incendio y de uso del edificio para evitar riesgos de accidentes para las personas.

Otro de los puntos fuertes a nivel prestacional se trata del aparcamiento semiautomático que se proyecta en la planta baja deledificioo con preinstalación de recarga eléctrica para cada piso. Se ha previsto un sistema semiautomático de KLAUS Multiparking, con el modelo TrendVario 4300 de 2 columnas y 3 niveles para 5 plazas en combinación con el modelo TrendVario 4000 de 2 columnas y 2 niveles para 3 plazas, además una plataforma giratoria, modelo G450 de 4,5 m de diámetro para facilitar la entrada/salida y reducir el número de maniobras.

MEMORIA CONSTRUCTIVA

Como venimos comentando hasta el momento, se trata de un edificio que se va a rehabilitar, por lo que se mantiene la estructura existente, aunque se ha llevado a cabo una puesta al día tanto en secciones como material al comprobar que no aguantaba las solicitaciones actuales. Para su cimentación se ha procedido al recalce del mismo mediante un micro pilotaje perimetral de la cimentación actual que se encontraba demasiado en la superficie y con secciones de tamaño insuficiente.

En cuanto a su envolvente debemos de diferenciar entre los diferentes tipos de fachadas que existen en el proyecto. Por un lado, los condicionantes técnicos a la hora de la elección de los diferentes materiales, así como el cumplimiento de diferentes normativas municipales ha llevado a que la composición de fachada se haya enfocado hacia una fachada ventilada con aislamiento de lana mineral en torno a 16 cm y un acabado granítico. Para las fachadas posteriores se ha optado por un revestimiento mineral exterior con un sistema tipo SATE, mientras que para las medianeras se ha ido a unos cerramientos con ladrillo hueco lana mineral en torno a 8 cm, termoarcillas y trasdosados.

Sustentación del Edificio y Sistema Estructural

- CIMENTACION

Se opta por una intervención de refuerzo sobre la cimentación existente que reduzca las tensiones transmitidas al terreno de cimentación, mediante un micropilotaje. Una intervención de refuerzo y consolidación de la cimentación, consistente en una cortina de micropilotes rematados por una viga de tecleo en coronación, que reduzca las tensiones transmitidas al terreno de cimentación, y posibilite además la excavación de las zonas de sótano o garaje semiautomático.

- FORJADOS

Solo se prevé un saneado de la superficie y el hormigonado de una nueva capa de compresión de unos 6 cm de espesor.

- PILARES

Se prevé el refuerzo de los pilares ya existentes con la ejecución de un recrecido de la sección del pilar empelando un hormigón fluido o en algunos casos mediante un mortero de reparación estructural.

Sistemas de Envolventes y Acabados

Los parámetros técnicos condicionantes a la hora de la elección del sistema de fachada han sido el cumplimiento de las ordenanzas municipales vigentes, de la normativa acústica DB-HR y la limitación de la demanda energética CTE DB-HE-1. El revestimiento de fachada principal estará compuesto por un sistema de fachada ventilada con aislamiento de lana mineral con acabado granítico cumpliendo las exigencias estéticas del PEEC. La fachada posterior estará compuesta por un revestimiento mineral exterior para sistema tipo SATE

Las composiciones de la fachada, de afuera para dentro, serán (quedando expuestas a posibles modificaciones):

COMPOSICIÓN FACHADA PRINCIPAL

- Aplacado granítico (30)
- Cámara de aire (50)
- Lana mineral (160)
- Termoarcilla (140)
- Yeso, línea de hermeticidad (10)
- Lana mineral en estructura portante para trasdosado (48)

- Doble aplacado de cartón yeso (13+13)

COMPOSICIÓN FACHADA POSTERIOR E INTERIORES

- Revoco de acabado con todo el sistema estructural del SATE (10)
- Lana mineral (160)
- Termoarcilla (140)
- Yeso, línea de hermeticidad (10)
- Lana mineral en estructura portante para trasdosado (48)
- Doble aplacado de cartón yeso (13+13)

Sistemas de Acondicionamiento e Instalaciones

Las soluciones que se prevén en cuanto a instalaciones son las siguientes:

Calefacción

Se prevé una solución de calefacción mediante suelo radiante que está alimentado por una bomba de calor centralizada para todas las viviendas de la marca DAIKIN.

Refrigeración

El propio sistema de calefacción incluye también la refrigeración mediante el mismo sistema de suelo radiante.

Ventilación

Se trata de un sistema individualizado para cada vivienda con recuperador de calor.

Iluminación

Se proyecta una iluminación muy cuidada en cada vivienda a base de tecnología LED, cada vivienda tendrá un sistema domotizable donde se podrá regular la intensidad de la luz y optimizar en función de las necesidades de cada persona.

Automatización y Control

Se ha realizado un diseño ad hoc mediante la combinación de sistemas semiautomáticos Klaus Multiparking para la resolución de los problemas de aparcamiento del solar.

Debemos destacar que se ha buscado el más bajo consumo energético del sistema semiautomático, a pesar que todas las plazas están preparadas para soportar vehículos de hasta 2.600 Kg. La potencia total del sistema de aparcamiento es de 3KW, pero este consumo sólo se da en períodos de subida de plataforma, durante aprox. 15 segundos. Igualmente, la potencia total de la plataforma giratoria es de 0,37 KW, pero este consumo sólo se da en períodos de rotación, durante aprox. 25 segundos. Es decir, mediante estos sistemas semiautomáticos se reduce al máximo los tiempos de consumo energético.

Energías Renovables in situ o en el entorno

El sistema de calefacción/refrigeración, así como la generación de ACS se realiza con aerotermia.

PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

El cliente final del edificio es un target de persona que debe apreciar lo que es una vivienda Passivehouse, alguien que esté interesado por vivir de verdad con calidad de vida y que valore este tipo de mejoras.

Evidentemente, la colocación de esa capa de hermeticidad que tiene el proyecto, yeso, cintas, etc., la calidad de las carpinterías respecto a unas estándar o el incremento de asilamientos, aunque supongan inicialmente un desembolso mayor, se verá fácilmente recompensado por los ahorros futuros en consumos de calefacciones, climatizaciones, etc.

CUMPLIMIENTO DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

Datos obtenidos del programa propio de cálculo de PHPP del edificio a estudiar.

INDICADORES	
Consumo Energía Primaria no renovable:	10.4 kWh/(m²·año)
Demanda Calefacción:	2.8 kWh/(m²·año)
Demanda Refrigeración:	4.1 kWh/(m²·año)
Emisiones CO2 Edificio:	6.3 kg CO_2/(m²·año)

CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS Y AMBIENTALES

Se trata de una obra que está en proceso de Certificación por el Passivhaus Institute, todavía en fase de proyecto.

IMÁGENES PROYECTO

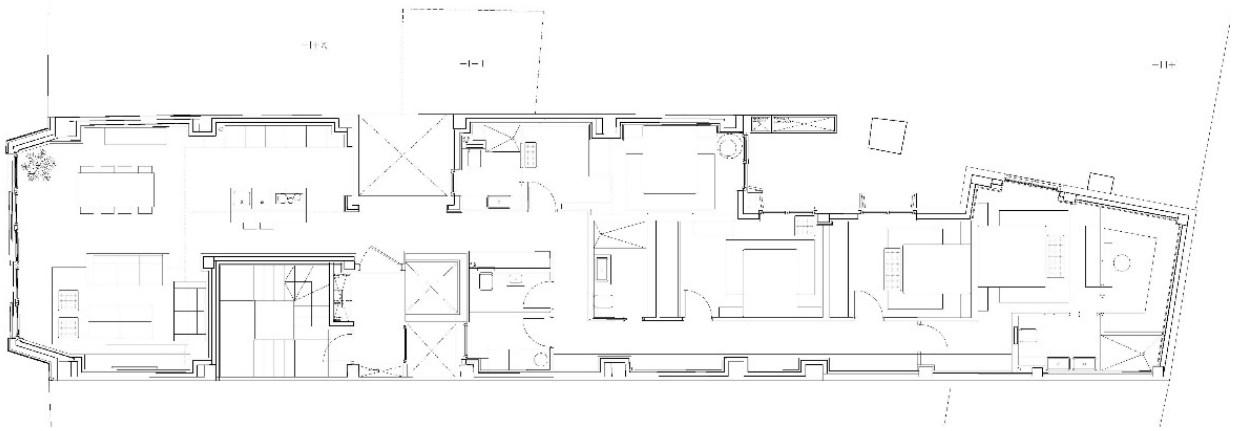


Figura 2. Planta de una vivienda tipo I.

PATROCINIO PLATINO:

Siber
Ventilación inteligente

PATROCINIO ORO:

SAINT-GOBAIN

KÖMMERLING®
Sistemas de ventanas

aldes

BAXI
LA NUEVA CLIMATIZACIÓN

PATROCINIO PLATA:

URSA

NIESSEN
Design for living spaces

JUNKERS
BOSCH

Sika®
BUILDING TRUST

Vaillant

KNAUF INSULATION

Saunier Duval
Siempre a tu lado

PATROCINIO BRONCE:

HISPALYT
CERÁMICA PARA CONSTRUIR

DAIKIN

De Dietrich
EL CONFORT DURADERO

BOMBA DE CALOR
AFEC