

El edificio nZEB, el nuevo modelo arquitectónico que consume cero: la experiencia de Picharchitects

Autores: Mauro Manca, Jordi Paris, Felipe Pich-Aguilera, Teresa Batlle, Daniel Oncins

Keywords: Economía Circular, nZEB, Ahorro Energético, Arquitectura, Sostenibilidad

Este trabajo se basa en el conocimiento obtenido a partir del análisis y modelización de diversos edificios realizados, a lo largo de los años, por Picharchitects, empresa pionera de la arquitectura sostenible en España. Las conclusiones muestran como la propia arquitectura, antes que la maquinaria añadida, es el vector principal en la obtención de edificios Nzeb y un parámetro determinante para la obtención de un modelo constructivo coherente en términos de calidad, coste y beneficio económico, en el contexto actual donde el sector de la edificación es responsable del 40% del consumo global de energía.

Introducción - Contexto Europeo

El sector de la edificación representa el 40% del consumo energético total de la Unión Europea y alrededor de un 36% de las emisiones de CO₂. (IPCC, 2007:18-41) (Berardi, 2012: 411-424) La reducción del consumo de energía en este ámbito constituye, por lo tanto, una prioridad en el marco de la Estrategia Europea 2020 Esta Estrategia marca tres objetivos claros:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero un 20% respecto al 1990 con el compromiso bajo acuerdo internacional de elevar el objetivo hasta el 30%.
- Aumentar la eficiencia energética con el fin de ahorrar un 20% del consumo energético de la UE respecto de las proyecciones por el año 2020.
- Llegar a una contribución del 20% de fuentes renovables en el consumo de energía final de la UE el 2020 y del 10% en el sector del transporte.



Ilustración 1- Objetivos Europa 20/20/20

En este contexto, el 19 de mayo de 2010 se publica la Directiva 2010/31/UE (European Parliament, 2012) del Parlamento Europeo, relativa a la eficiencia energética de los edificios, que afecta el consumo energético de la calefacción, el calentamiento de agua, la refrigeración, la ventilación y la iluminación en los edificios nuevos y existentes, tanto residenciales como no residenciales. Esta directiva define, por primera vez, los edificios nZEB, nearly Zero Energy Buildings: edificios de consumo de energía casi cero. (Pich Energy, 2017:18). Posteriormente, en la Convención sobre el Cambio Climático de diciembre del 2015 (COP21, 2015) se aprobó el Acuerdo de París, para mantener el aumento de la temperatura mediana mundial por debajo de 2 °C respecto al nivel pre-

industrial, y seguir esforzándose para limitar el aumento de la temperatura a 1,5 °C, teniendo que ser las emisiones prácticamente nulas en el 2050. El Acuerdo de París también indica que se tiene que promover la resiliencia al clima y la adaptación de las ciudades al cambio climático. Actualmente a nivel normativo el edificio nZEB (nearly Zero Energy Building) se define como un edificio con un nivel de eficiencia energética muy elevado donde gran parte de la demanda tiene que estar cubierta por energía procedente de fuentes renovables. En este aspecto hay una diferencia sustancial con las primeras definiciones de edificios de consumo cero, NZEB (Net Zero Energy Building) donde se hace referencia explícita a que el balance energético total es cero, o sea la cantidad total de energía utilizada por el edificio es igual a la cantidad de energía renovable generada in situ. Todo el sistema constructivo, de instalaciones, gestión de obra y mantenimiento del edificio tiene que tener en cuenta las condiciones óptimas de rentabilidad en términos de coste-eficacia y calidad arquitectónica. Las necesidades nacionales y los compromisos internacionales, obligan a España a realizar una política ambiciosa en materia de energía y sostenibilidad. Aspectos como cambio climático, transición energética y la economía circular serán las temáticas fundamentales que marcarán la evolución hacia una economía baja en carbono, acorde con los objetivos de la Unión Europea para 2050 (Roadmap2050). Con el fin de promover la competitividad, la sostenibilidad y la seguridad del suministro energético, se han elaborado una serie de políticas y medidas relativas a la eficiencia energética de edificios, estableciendo como objetivo para el 31 de diciembre de 2020 que todos los edificios nuevos tengan un consumo de energía casi nulo. Para edificios públicos este objetivo se adelanta dos años, a 31 de diciembre de 2018 (Ana Romero Calix, 2017). En el roadmap 2050 se especifica también como la colaboración entre todos los estados miembros en políticas de compartir transversalmente los sistemas de producción y distribución de energía permitiría ahorros ulteriores. Sin una estrategia integrada de cruce de frontera resultará un incremento del 12% de los costes de inversión y de un 18% en los costes de operación debido a la construcción de sistemas de producción de energía renovable en lugares que no permiten maximizar su rentabilidad y que tendrá como consecuencia una prolongada dependencia de los combustibles fósiles como el gas natural (Dries Acke et al, 2012). Según una investigación de Marique and Reiter (Reiter et al., 2012 829:838) solo combinando varios usuarios consumidores se puede llegar a escenarios de reducción de impacto global con un determinado impacto y rentabilidad, debido principalmente a la viabilidad de tecnologías como el district heating and cooling, cogeneración, producción energética a gran escala con solar o biomasa, que resultan poco accesibles con intervenciones individualizadas. Este aspecto lleva la cuestión a una escala más global y de políticas tanto europeas como territoriales, beneficiándose también de mayores subvenciones.

En España el CTE (Codigo Tecnico de la Edificación) a partir del 2006 ha ido aumentando la exigencia de los parámetros de eficiencia energética y de certificación de los edificios con una repercusión importante en la práctica constructiva habitual generando una gran mejora en los edificios de nueva construcción. Según el informe del Ministerio de Industria (IDAE,2015:1-9) solo el 7% de los edificios de nueva construcción en España tenían un certificado energético A, y la mayoría de los edificios tenía una calificación D (29%) y E (32%). De todas formas estos valores denotan una mejora general respecto a los edificios existentes construidos previamente a la entrada en vigor de la Certificación Energética, donde no se registran edificios de clase A y la casi totalidad de las calificaciones energéticas está entre la E, con un 47% de certificados, la F con un 13% y la G con un 24%.

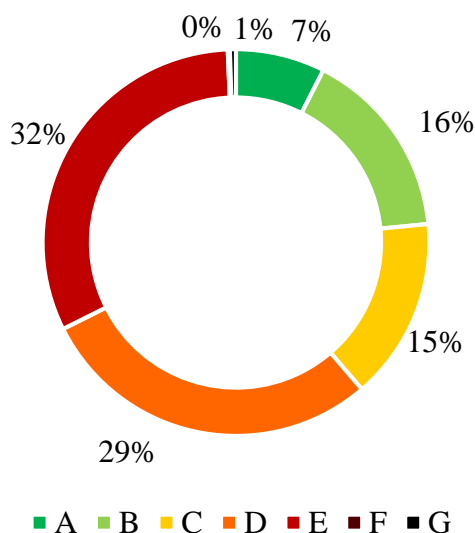


Ilustración 2 - Certificación energética en España, año 2015

La arquitectura como base para el ahorro.

Reducir la demanda a través de la arquitectura

Antes de que surgiera el concepto y el requerimiento de edificios nZEB la cuestión energética en la arquitectura ya había manifestado su importancia, debido a una progresiva sensibilización del sector de la edificación de cara al cambio climático. No obstante el desarrollo de un modelo arquitectónico sostenible ha quedado en un nicho de pocos profesionales y a día de hoy todavía queda una cierta reticencia por parte de todos los actores involucrados en reinventar o readaptar el sistema de construir. Sin embargo estamos en un momento en el cual temáticas relacionadas con el medio ambiente despiertan gran interés a nivel mediático, un poco por moda y un poco también porque el nivel de educación general está subiendo progresivamente, tanto que al día de hoy todo lo que lleva la palabra ecológico se percibe como de más valor. El mundo del marketing ha sido capaz de coger estas inquietudes y convertirlas en temas centrales de cada campaña o imagen de empresa. En la última década el sector de la construcción ha intentado ponerse al día con la tendencia del momento, a causa también del gran impacto ambiental del cual es responsable.

Para conseguir un edificio nZEB el consumo energético en los edificios se proyecta antes de todo a través del diseño inicial. Como en otros sectores, en los edificios el concepto de reducir la demanda es el elemento básico para definir el punto de partida de un desarrollo sostenible. Para una mejor comprensión del texto se especifica la diferencia entre Demanda y consumo energético. (Pich Energy, 2017:20)

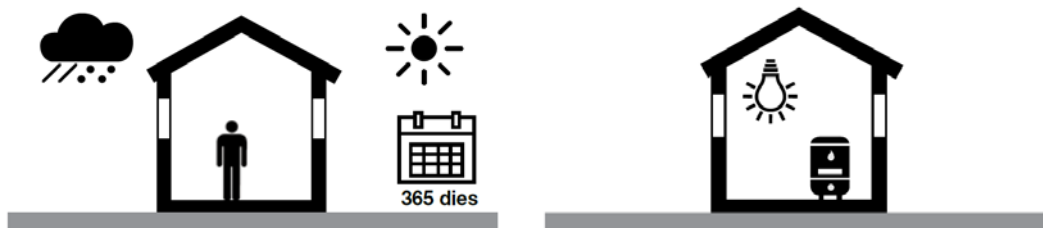


Ilustración 3 - Demanda energética a la izquierda y consumo energético a la derecha

- **Demanda energética:** Cantidad de energía necesaria para satisfacer los requerimientos de confort ambiental y uso, está condicionada por el aspecto arquitectónico del proyecto como la implantación, el uso, la morfología y el sistema constructivo del edificio.
- **Consumo energético:** Energía que requieren los sistemas (instalaciones) del edificio para satisfacer la demanda energética. Teniendo en cuenta la relación entre demanda y consumo son especialmente significativos la tipología y el rendimiento de estos sistemas.

Reducir la demanda en arquitectura se traduce en una metodología de diseño radicada en el aprovechamiento de los fenómenos climáticos, definidos en las estrategias bioclimáticas. En un clima como el de España y sobretodo Cataluña los factores del entorno climático permiten conseguir elevadas prestaciones energéticas a coste cero (Krawczyk, 2016). El proceso de aprovechamiento de los fenómenos climáticos empieza en la orientación en planta, en la ordenación de elementos transparentes y opacos y pasa luego por las formas y geometría de los espacios y por la elección atenta de los materiales y su articulación en los detalles. En otros términos, optimizar el comportamiento energético de un edificio quiere decir modelar la arquitectura alrededor de su contexto bioclimático, definiendo así un lenguaje arquitectónico bien claro. Este lenguaje se densifica aún más si a parte del aspecto energético añadimos también todos los otros aspectos relacionados al impacto medio ambiental del edificio. Una parte considerable del impacto ambiental y del consumo energético se reduce con soluciones de proyecto sencillas que permiten aprovechar los fenómenos naturales como la ventilación o la calefacción solar pasiva. Estas soluciones de diseño no comportan ningún sobrecoste, sin embargo su aportación es determinante en la reducción de la demanda energética. Una demanda energética menor no solo comporta un ahorro en fase de uso, sino también en las fases previas, reduciendo también la inversión inicial como por ejemplo, en instalaciones sobredimensionadas.

Relación entre consumo y confort

Es importante tener presente la relación entre consumo energético y confort. No siempre un consumo energético, por bajo o alto que sea, corresponde a la obtención de una situación de confort. Los usuarios en los edificios responden a la falta de confort de dos maneras: adaptando su entorno, por ejemplo abriendo o cerrando las ventanas o encendiendo la climatización, o adaptándose al entorno, por ejemplo cambiando su vestimenta u ocupando los espacios más confortables en función del día y de la temporada. Un nivel bajo de confort puede comportar importantes ahorros en términos de consumo energético pero por razones obvias estos casos no tienen que considerarse en un balance energético global. Sin embargo no son raros los casos en los cuales el consumo

energético no corresponde a una condición de confort suficiente, sobre todo en edificios existentes en regiones de bajos recursos económicos. Por otro lado son frecuentes los casos en los cuales requerimientos ambientales muy exigentes generan un gasto energético excesivo, generalmente debidos a usuarios poco concienciados o a edificios incapaces de mantener una situación climática adecuada. En ámbito normativo en España la parametrización del confort actualmente no tiene una definición suficientemente detallada: en las herramientas ministeriales este valor depende únicamente de los valores de temperatura de consigna de calefacción y climatización. Estos valores, aunque sean determinantes en establecer una condición de bienestar, no son los únicos a considerar en el comportamiento climático real de un espacio habitable: en base a las recientes investigaciones científicas se han desarrollado modelos de confort adaptativos (Nicol, 2009) que incluyen otras variables además del valor de temperatura de termostato. Estos valores suelen ser el movimiento del aire, la temperatura radiante y operativa, el factor de vestimenta, la temperatura exterior, la humedad relativa y el tipo de actividad (Hoyt, 2017). En función de estos parámetros el valor de temperatura de consigna puede variar de algunos grados respecto al valor de referencia (ASHRAE, 2017) (UNE-EN 15251). Por lo tanto, para poder considerar un escenario más alcanzable y, económicamente rentable, los parámetros de clasificación de un edificio nZEB tendrán que considerar una condición de confort adaptativo en lugar de definir exclusivamente unas temperaturas de consigna.

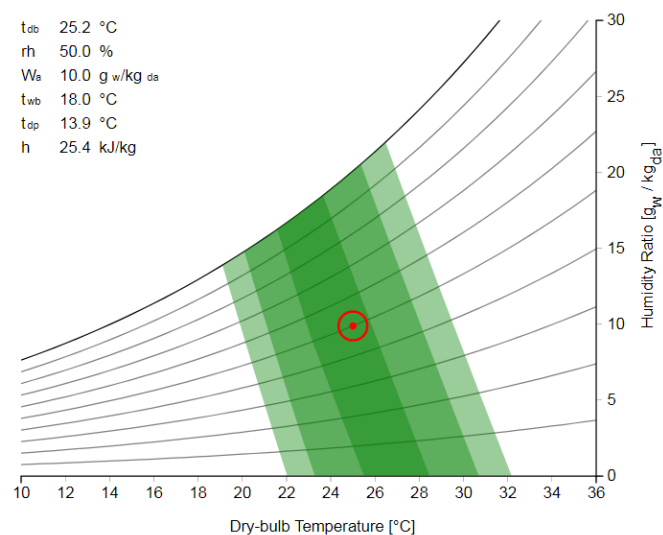
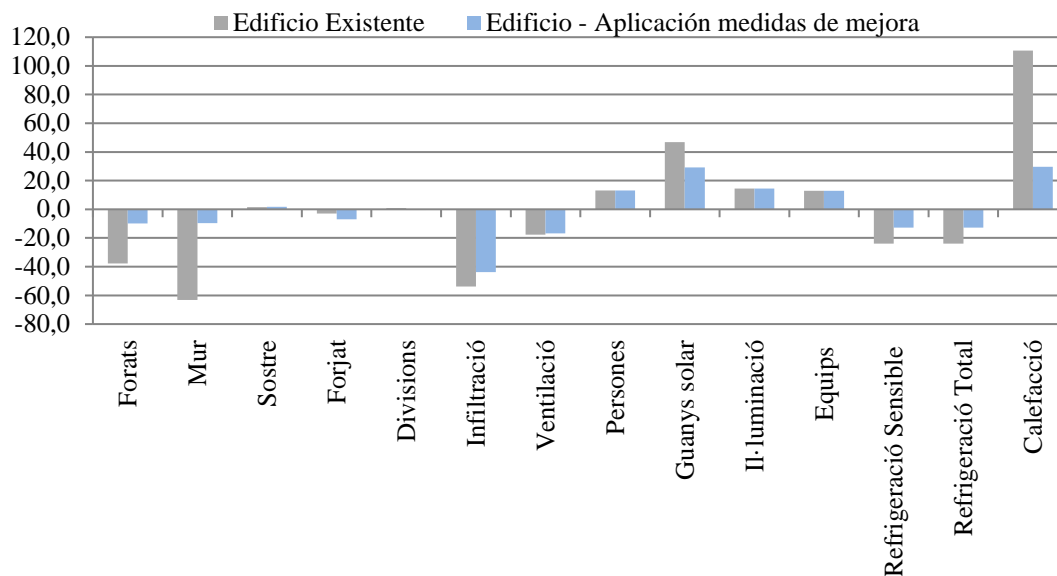


Ilustración 4 - Diagrama Givoni donde se marcan las áreas de confort: en abscisas los valores de temperatura del aire y en ordenadas el valor de humedad, las bandas verdes indican las distintas categorías de confort que pueden variar de 22 a 32 grados en función de las características bioclimáticas.

Los cálculos energéticos son la herramienta de diseño fundamental para poder traducir aspectos técnicos de demanda energética, kilovatios y flujos de ventilación, en las características concretas de los elementos constructivos, metros cuadrados de ventanas, color de fachada y elementos de diseño funcionales. Estamos acostumbrados a que las instalaciones de clima y de iluminación aporten cálculos de demanda para poder dimensionar adecuadamente las máquinas. No es usual que esto pase con los edificios. En la base de este discurso está el concepto de que la arquitectura y los edificios son ellos mismos las máquinas térmicas que tienen el papel y la obligación de generar espacios confortables para las personas que los habitan, y como las climatizadoras, se pueden estudiar, calcular y dimensionar para obtener el resultado mejor en términos de eficiencia energética y expresión formal. Por lo tanto las simulaciones energéticas y la modelización

no tienen que verse como una herramienta justificativa finalizada a una certificación o a una letra, sino se tienen que usar como las herramientas activas de diseño que determinen la forma el volumen y la solución constructiva. Los parámetros energéticos, a la par de los cálculos estructurales, no son un vínculo sino una oportunidad para llevar al límite las posibilidades de los edificios y llevar a soluciones arquitectónicas creativas que permitan integrar todos los factores en un sistema sinérgico.



Il·lustració 5 – Ejemplo de simulación energética. Comparativo de pérdidas y ganancias de calor en kWh/m² año (ordenadas) de un edificio existente y el mismo edificio reformado.

Si consideramos la problemática medioambiental como la determinante histórica de nuestra época y las simulaciones energéticas y los parámetros medioambientales como las herramientas técnicas de la arquitectura sostenible, estamos connotando aún más un lenguaje arquitectónico tal y como se determinaron las corrientes del pasado: la arquitectura Gótica, fue una ruptura con el pasado gracias a la evolución técnica y estructural simbolizada por los arcos rampantes; la revolución industrial llevó a otra ruptura y generó en toda Europa los movimientos modernistas, gracias a las propiedades constructivas del metal que permitieron liberarse del peso de los clasicismos y de los historicismos; En las últimas décadas el diseño 3D y los cálculos paramétricos han permitido desafiar la fuerza de la gravedad con la plasticidad de los edificios deconstructivistas, escaparate de la nueva sociedad digital. En la época actual el contexto histórico nos demanda una respuesta al cambio climático y las simulaciones energéticas son la herramienta técnica que hará viable este cambio.

Arquitectura y economía circular

Dentro del sector de la edificación el concepto de economía circular se incorpora en gran parte en las certificaciones ambientales: LEED (USGBC,2018), BREEAM (BREAM ES, 2011), VERDE (GBCe,2017) etc. El concepto se podría extender al uso del edificio y su función a lo largo del tiempo. Cuando hablamos de sostenibilidad no se puede mirar exclusivamente hacia el aspecto energético y ambiental sin considerar el tema económico y el social, por lo tanto un edificio que simplemente es eficiente no puede ser sostenible si no viene acompañado por la calidad arquitectónica que valore los espacios, los

materiales y la relación con las personas y, al mismo tiempo le confiera un valor económico más elevado y contrabalanceado por una inversión económica proporcionada. Todos estos aspectos entran en un ámbito compartido con el punto de vista de la economía circular. Es imprescindible para conseguir un edificio sostenible que la energía, los recursos, los materiales, la calidad del ambiente interior, el entorno, los aspectos sociales y económicos sean las herramientas de diseño del proyecto desde su origen. El sistema constructivo y los materiales juegan un papel significativo en lo que es el impacto energético del edificio fuera de su fase de uso, o sea en la fase de extracción y producción de los materiales mismos en función de su coste energético y su proveniencia, en la fase de obra y en el final del ciclo de vida, en la fase de demolición y desmontaje. Pensar desde la fase de proyecto en como el edificio se tendrá que desmontar es la clave para garantizar un ciclo de vida cerrado en un contexto más amplio de economía circular.

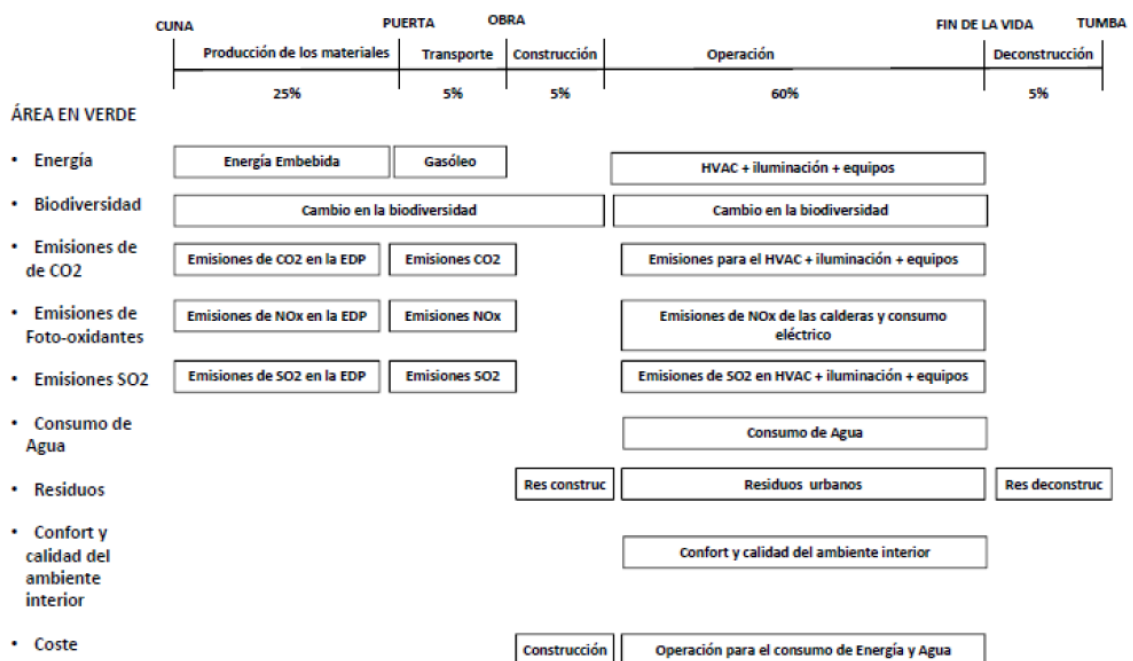


Ilustración 6 - Impacto ambiental de un edificio en todo su ciclo de vida

Este aspecto define de entrada unas metodologías constructivas y unas soluciones formales precisas: el uso de la parcela será optimizado a la huella de un edificio compacto y que ofrezca un espacio público de calidad; el sistema constructivo será cuanto más posible realizado en seco o industrializado, mejorando el control de calidad sobre los productos mismos y la ejecución en obra que beneficiará también de tiempos de realización reducidos, con un sensible beneficio en términos económicos. Un sistema constructivo de este tipo es el único capaz de garantizar el máximo desmontaje y recuperación y sucesiva reutilización de los elementos al final de ciclo de vida. La durabilidad de los materiales es otro aspecto importante que a veces no se tiene en cuenta o se infravalora al momento de considerar el impacto ambiental. Actualmente, la industria de la construcción no ofrece un sistema de edificio totalmente desmontable técnicamente y económicamente viable, por lo tanto, en la mayoría de los casos tiene más relevancia un edificio con una gran durabilidad y al mismo tiempo una total flexibilidad de espacios que sean capaces de adaptarse a nuevos usos y cambios en el tiempo. En este aspecto se puede considerar el edificio como “nutriente técnico”, o sea un elemento que no puede reintegrarse totalmente como materia biológica, que pero se puede reutilizar al final del

ciclo de vida (Michael Braungart,2002). La mayoría de los proyectos no miran más allá de su primera función convirtiéndose en el tiempo en cajas poco flexibles a la evolución futura de la sociedad. Un edificio pensado desde el punto de vista de la economía circular tiene que permitir una flexibilidad total de los espacios para que en un futuro sea fácil su conversión a otra función totalmente distinta. Este aspecto tiene una repercusión muy importante en el valor del edificio, al no vincular estrictamente la función al edificio, el valor del inmueble se hace más resiliente a la imprevisibilidad del mercado futuro.

Punto de vista general del escenario económico

Este apartado no pretende ser un análisis completo y exhaustivo de todo el panorama económico sino ser útil para dar un punto de vista general y resumido sobre las herramientas económicas más usadas, a nivel global, para fomentar el sector de la construcción sostenible. Impuestos, préstamos y donaciones, son herramientas importantes para movilizar las finanzas necesarias para alcanzar los objetivos de eficiencia energética. El papel de estas herramientas es poner en marcha los mercados financieros privados y motivar a los inversores a financiar medidas de eficiencia energética. Actualmente los estados europeos han implementado distintas políticas energéticas, aunque de forma limitada para determinar un cambio de paradigma en el mercado de la edificación. La directiva Europea que impone los edificios nZEB, en España no se ha convertido en normativa, quedando indefinidos de momento los aspectos técnicos para enmarcar un nZEB, aunque se hace referencia a que en la futura publicación del nuevo código técnico se presenten dichos parámetros y correspondan a la cualificación energética más alta. Sin embargo con el Real Decreto 564/2017 (MPR,2017), el estado español se comprometió a que todos los edificios nuevos sean edificios de consumo casi nulo a partir del 2021:

“A más tardar el 31 de diciembre de 2020, los edificios nuevos serán edificios de consumo de energía casi nulo, definidos en la disposición adicional cuarta del Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía.”

“Los edificios nuevos que vayan a estar ocupados y sean de titularidad pública, serán edificios de consumo de energía casi nulo después del 31 de diciembre de 2018.”

“Los requisitos mínimos que deben satisfacer esos edificios serán los que en cada momento se determinen en el Código Técnico de la Edificación.”

No obstante, se necesita una intervención política para mejorar la eficiencia energética en los edificios con el fin de superar las barreras del mercado y / o las fallas que obstaculizan la inversión en el rendimiento energético de los edificios para alcanzar objetivos de baja energía, incluso cuando sean rentables a largo plazo. Se mencionan abajo algunas de las barreras más frecuentes, principalmente debidas a la gran complejidad del sector de la construcción y de las dinámicas entre inversores y usuarios finales:

- **Baja priorización de la eficiencia energética:** las inversiones en eficiencia energética son de baja prioridad en comparación con inversiones competitivas ya que los costes de energía representan en muchos casos una pequeña porción de los costes totales, aunque el aumento de los precios de la energía pueden aumentar la demanda. El riesgo de inversión es demasiado alto todavía para predecir el valor del rendimiento de la inversión y hay pocos técnicos capaces de utilizar todas las herramientas necesarias, como simulaciones energéticas dinámicas y conocimientos específicos en ciclo de vida e impacto ambiental, por lo tanto una acción masiva hacia una modernización del modus operandi tarda en llegar.
- **Falta de información:** la información básica para inversores potenciales sobre el rendimiento energético de edificios individuales y el stock de edificios a veces no está disponible o es poco clara y de escaso interés, limitándose en la mayoría de los casos a las etiquetas energéticas que, en la mayoría de los casos, difieren del comportamiento energético real de los edificios.
- **Intereses divididos entre propietarios e inquilinos:** en el caso de las propiedades alquiladas, es probable que los propietarios no estén dispuestos a realizar inversiones si los retornos, en forma de reducción de las facturas energéticas, se acumulan para el inquilino. Del mismo modo, es probable que los inquilinos no estén dispuestos a realizar inversiones a largo plazo si no planean quedarse mucho tiempo en una propiedad en particular.
- **Costos de transacción:** más altos en ámbito de reforma debido a la gran cantidad de edificios y al valor relativamente bajo de cada inversión.
- **Conocimiento y conciencia:** falta de conocimiento sobre eficiencia energética como potencial oportunidad de inversión en todos los niveles, incluidos los arquitectos, los ocupantes, los evaluadores, el personal de las instituciones financieras, etc. Además no siempre se conocen las diversas implicaciones a largo plazo de un edificio sostenible que surgen cuando los beneficios sociales no se acumulan para el inversor inicial sino para la sociedad en general a través de beneficios públicos como ahorros de salud pública, aumento del empleo, actividad económica, etc., o para generaciones futuras.

Algunas políticas activas para promover el cambio

Los impuestos energéticos pagados por los hogares y las empresas actúan como instrumentos económicos para respaldar la inversión en eficiencia energética en los edificios. Los precios más altos de la energía hacen que el negocio sea más persuasivo para la inversión en eficiencia energética en los edificios, ya que reducen el tiempo para pagar el coste inicial a través del ahorro de energía. También aumentan los ingresos que pueden destinarse al gasto en eficiencia energética en los edificios. Los precios más altos de la energía aumentan la rentabilidad de las inversiones en eficiencia energética. Sin embargo, los estudios en varios países han demostrado que la respuesta del consumidor en el sector de los edificios a los precios más altos de la energía es relativamente inelástica a corto plazo debido al hecho de que existen otras barreras del mercado en el sector de los edificios además de las externalidades, los incentivos o carecer de acceso a la financiación, y por lo tanto, los precios de la energía por sí solos no serán suficientes para fomentar los edificios de baja demanda energética. Los casos de familias con bajos

recursos económicos necesitan una consideración especial cuando los precios de la energía aumentan y es posible que se necesiten medidas especiales para ayudar a invertir en medidas de reforma de baja demanda energética para reducir la carga de los crecientes costos de la energía. Actualmente, en España hay varios programas de subvenciones anuales, tanto estatales (IDAE,2018) como regionales, en Cataluña las del Patronat del Habitatge (PMH, 2017). Las subvenciones se utilizan principalmente para fomentar la inversión en eficiencia energética en edificios residenciales y para promover medidas únicas, como la instalación de equipos individuales de eficiencia energética o, en algunos casos, medidas de aislamiento. Los importes adjudicados por los programas de subvenciones están limitados por los presupuestos asignados a los respectivos programas, que se renegocian para cada ciclo de subvenciones. Esto reduce la previsibilidad de los costes de inversión futuros en el sector de la construcción, siendo útil para preparar el mercado para programas de modernización más profundos cuando la familiaridad con las medidas de eficiencia energética en los edificios es baja. Sin embargo, ya hay suficientes tecnologías, por lo tanto, ahora se requieren otros instrumentos políticos para pasar a una modernización profunda que involucre la totalidad del edificio. Es poco probable que se logre una transformación profunda a gran escala solo a través de los programas de subvenciones, que pueden ser útiles para implementar medidas de eficiencia energética en hogares de bajos recursos aunque es probable que dichos programas produzcan menos beneficios ambientales en comparación con los programas que tienen mayor potencial técnico. En cambio, otros beneficios como los beneficios para la salud, pueden ser importantes. Otro vector que da agilidad y viabilidad al cambio hacia un sector de la edificación sostenible es la posibilidad de acceder a préstamos y financiaciones mirados a premiar aspectos de eficiencia energética y sostenibilidad, facilitando el mercado para edificios de bajo consumo de energía y reduciendo el coste de financiación de inversiones de eficiencia energética para los propietarios de viviendas. Saber cuantificar y parametrizar con el máximo nivel de predictibilidad es parte crucial del paquete de políticas necesarias para aumentar la inversión en edificios de baja energía. El uso de la mejora del rendimiento térmico para todo el edificio como un criterio de elegibilidad tiene muchos beneficios en comparación con el uso de criterios técnicos para cada medida elegible. Las simulaciones energéticas previas son imprescindibles para el éxito de los planes de préstamos, constituyendo la herramienta principal para poder incorporar en los proyectos los factores energéticos. Está claro que todos los programas de ayuda tienen que venir desde arriba, con políticas a medida, dado que los programas de préstamos no contemplan muchas de las otras barreras para aumentar la inversión en edificios de eficiencia energética y difícilmente todos los actores en el sector de la construcción se mueven de forma coordinada, con lo cual una inversión no siempre corresponde a un retorno económico claro por el inversor mismo.

PROYECTOS DESTACADOS DE OBRA NUEVA

Sant Joan de Reus

- Superficie de obra: 103.095 m²
- Coste Obra (PEM): 107.380.015 €



Ilustración 7- Hospital Sant Jon de Reus, Vista desde el acceso principal (izquierda), Vista lateral exterior de la rambla central (derecha)

El nuevo Hospital Universitario Sant Joan de Reus (PICH ARCHITECTS y MOREA-CORÁN ARQUITECTOS, 2010), realizado en el 2010, se concibe como motor de expansión de una zona de ensanche del municipio donde se planifica generar un nuevo barrio tecnológico. Esa dimensión urbana marca su concepción tramada, capaz de generar recorridos y enlazar con los flujos de la ciudad. El edificio se implanta en una gran pastilla horizontal con dos sótanos y planta baja, sobre ella se sitúa un peine de 6 barras de internación de dos plantas cada una. La fachada Norte apoya uno de los viales de acceso rápido a la ciudad mediante unos cuerpos en voladizo que albergan los espacios de internación. El eje de circulación pública del hospital, está orientado a Sur y se concibe como una gran avenida, espacio de transición entre el exterior y el interior.



Ilustración 8 - Hospital de San Joan de Reus, vista exterior de la distintos repartos

El proyecto busca modular la escala de un gran equipamiento hospitalario, desde la escala urbana propia de los espacios de acceso y de circulación pública hasta la escala

propriadamente de hospitalización, con sus necesidades de proximidad y recogimiento. En este sentido el área pública se trata, tanto funcional, como climáticamente, como si de una calle cubierta se tratase y agrupando el área de internación entorno a tres patios exteriores ajardinados, hacia donde vierten las habitaciones, tratando de humanizar la vida de esta área.

El hospital es un edificio singular a nivel energético y arquitectónico, su espacio principal que ordena funcionalmente todo el edificio, ha sido pensado desde el principio para no necesitar climatización tanto en invierno como en verano. La eficiencia energética se ha considerado en todos los ámbitos del diseño a partir de los aspectos funcionales: un hospital es una infraestructura que constantemente está sometida a cambios, ampliaciones y reformas de sus servicios, el hecho de conseguir un diseño flexible y ordenado implica que el edificio pueda adaptarse al máximo a lo largo del tiempo, ampliando su vida útil. La circulación se hace clara a lo largo del atrio principal al cual se conectan todas las alas y departamentos del hospital, evitando interferencias entre circulación pública, médica y técnica. Este sistema, con luces de más de 13 metros, permite una gran adaptabilidad a los cambios de uso, de servicio y de tecnología, dejando la posibilidad de crecer de forma ordenada, en caso de necesidad, manteniendo la misma jerarquización de espacios. Este orden de espacios coincide con su función y su relativa demanda de confort, permitiendo una distribución de temperaturas adecuada según el tipo de uso de cada espacio, moderando proporcionalmente la demanda energética del edificio. Empezando por el espacio principal, la “rambla” de acceso, donde se mantiene una temperatura de confort adecuada de forma natural a través de la propia forma y orientación, que es capaz de protegerse de la radiación solar en verano y aprovecharla en invierno. Desde la rambla se accede a la sala de espera donde la temperatura ya se ajusta a través del sistema de climatización aunque se adapta a unos requerimientos menos exigentes. Al final en las salas de consulta el control de temperatura es más estricto.

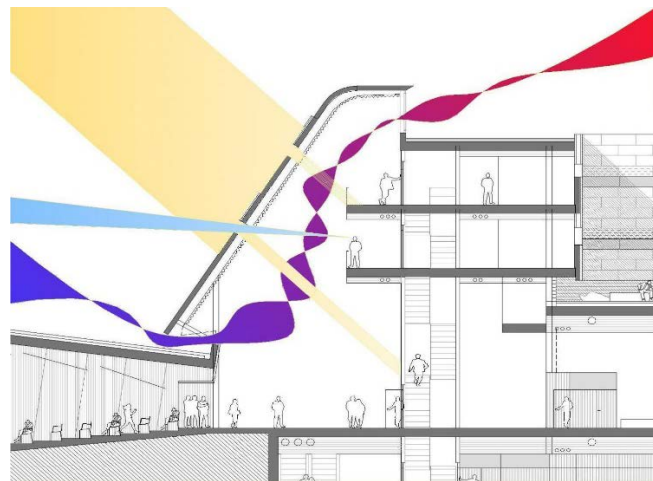


Ilustración 9- Estrategias Bioclimáticas de ventilación natural y radiación solar que permiten controlar naturalmente el clima interior de la rambla central.

Esta distribución de los espacios según gradiente térmico permite un ahorro importante en consumo de climatización que si lo repercutimos por la gran superficie del edificio corresponde a un ahorro económico significativo; el hecho que el espacio más grande de todo el hospital no requiera algún sistema de climatización es ejemplar. A nivel de iluminación natural, todos los espacios están caracterizados por una elevada autonomía lumínica independiente de la luz artificial. El edificio se ha diseñado desde el principio en función del confort, de la eficiencia energética y funcional y de la sostenibilidad, a

través de modelizaciones paramétricas y cálculos energéticos que han sido la herramienta estructural para que la respuesta arquitectónica a la demanda de confort pudiese ser precisa y cuantificable y se tradujera en una precisa geometría y organización volumétrica y funcional coherente y de calidad. Esto ha permitido concebir en todos los ámbitos de diseño arquitectónico unos ahorros energéticos importantes evitando grandes instalaciones térmicas o de renovables como fotovoltaica o geotermia que hubieran incrementado significativamente el coste del edificio. El hospital de San Joan de Reus se pudo construir con un ratio de 1200€/m² colocándose en la franja baja de precios de la tipología hospitalaria.

Centro Científico Tecnológico Leitat

Superficie de obra: 4.468 m²

- Coste Obra (PEM): 5.250.000 €



Ilustración 10 - Oficinas de Leitat, Vista desde la calle Pallars (izquierda), Vista desde la plaza interior (derecha)

El edificio se sitúa en el barrio de Sant Martí del ensanche Barcelonés, en la zona rebautizada hace unos años como distrito de innovación 22@, próxima al barrio del Poble Nou, en dónde históricamente se concentró gran número de industrias, y que ahora está en pleno proceso de reconfiguración. Una de las peculiaridades de este emplazamiento es justamente un factor decisivo en los resultados energéticos del edificio: disponer de conexión a la red de DHC (District Heating and Cooling) Districlima, que le suministra tanto frío como calor obtenido a base de fuentes energéticas de bajo impacto. La sede de LEITAT, además de acoger su programa interior, también genera un nuevo espacio urbano, una plaza parcialmente cubierta, resguardada bajo el gran voladizo que forma el propio edificio. Esta plaza conecta la calle con el patio de manzana y genera un espacio protegido de encuentro y de estar. Varias premisas guían el proyecto, y una de las centrales es la voluntad de construir un edificio industrializado con técnicas reversibles hasta el máximo razonable, con elementos prefabricados / industrializados y con uniones reversibles lleva incorporado un alto nivel de exigencia en lo que respecta a precisión, rigor y limpieza conceptual. Se busca hacer factible el montaje en seco y el desmontaje completo del edificio para, en caso extremo, volverlo a construir en otro emplazamiento. El ahorro en materiales se aborda haciendo trabajar el mínimo de elementos y materiales asignándoles a cada uno de ellos el mayor número de funciones asumibles dada su naturaleza. Por ejemplo, las losas alveolares de hormigón armado pretensado que forman los forjados no solo cumplen su función estructural, sino que cumplen tres funciones más.

Dada la gran masa de estos elementos se aprovecha su inercia térmica como depósito de energía calorífica, para estabilizar la temperatura de los espacios interiores. Para cumplir con la máxima eficiencia esta misión las losas se dejan completamente expuestas al ambiente interior, formando por lo tanto el acabado visible de gran parte de los techos. Además, su particular geometría con alveolos interiores en forma de tubos rectos, permite aprovecharlos para realizar a través de ellos parte de la canalización del aire de retorno y recirculación dentro del sistema de climatización. Cada losa, por lo tanto, se aprovecha simultáneamente como estructura, acabado, depósito de energía térmica y conducción de aire de retorno. La fachada es uno de los elementos diferenciadores de la propuesta, ya que es en ella en dónde se resuelven varios de los temas clave del edificio. Se trata de una fachada ventilada, con la hoja exterior situada a 60cm de la hoja interior. Este amplio espacio ofrece dos ventajas.

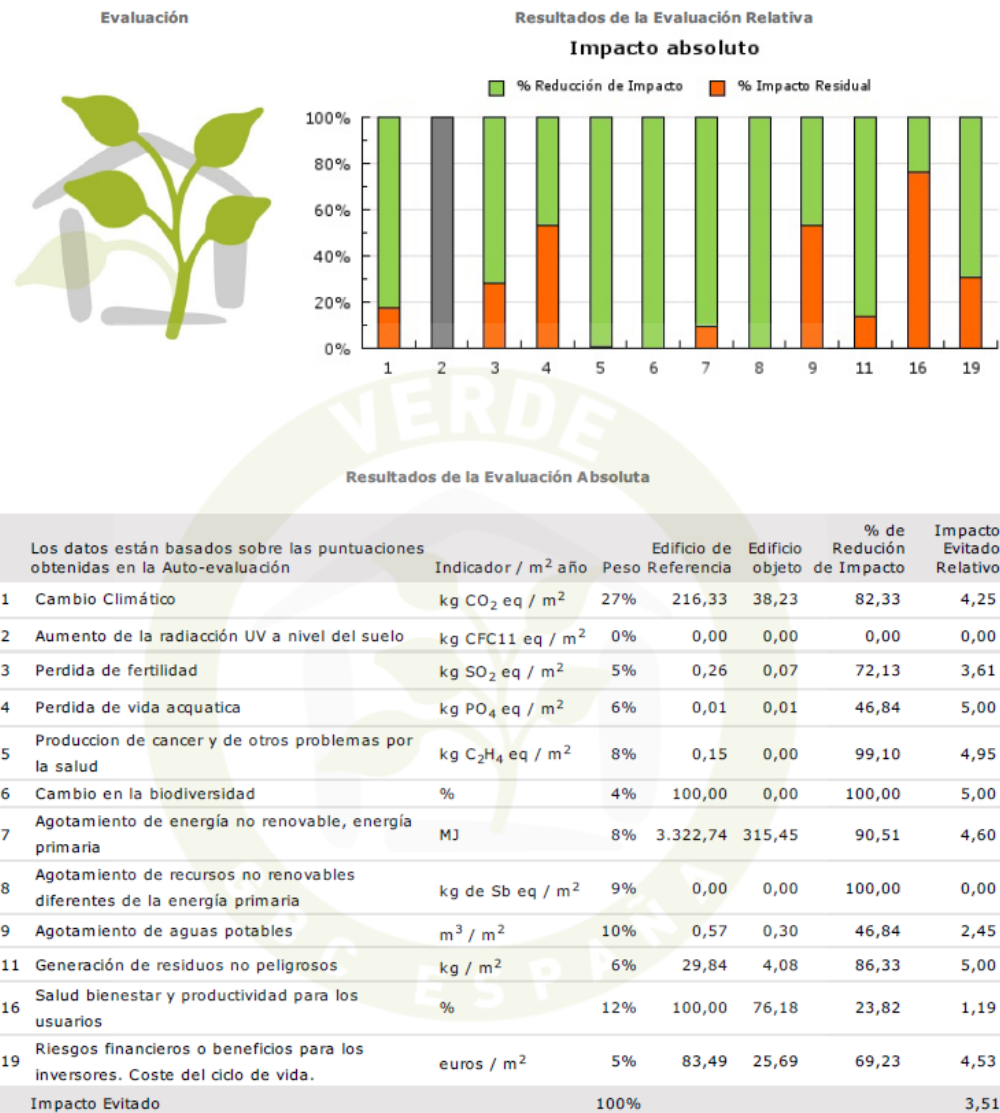


Ilustración 11- Evaluación de impactos ambientales con la metodología VERDE - GBCe

Por una parte mejora la protección frente a sobrecalentamientos. Al tener una gran cámara de aire extraordinariamente ventilada la difusión del calor que se pudiese generar en los elementos de la hoja exterior expuestos al sol resulta excelente. Por otra parte permite que gran parte de las instalaciones transcurran por él. Así se puede intervenir en ellas sin afectar en absoluto al interior del edificio, ya sea para su mantenimiento, incorporar

cambios, hacer ampliaciones e instalar nuevos servicios. La fachada además tiene un tratamiento fotocatalítico que permite limpiar el aire y descontaminarla, absorbiendo el CO2 contenido en el aire. Para el diseño de este edificio se ha seguido la herramienta de certificación VERDE, una aproximación al estudio de ciclo de vida de los edificio emitida por el Green Building Council España. Esta metodología permite de vigilar de manera transversal, el impacto ambiental del edificio en referencia a once ámbitos ambientales: Cambio climático, pérdida de fertilidad del suelo, pérdida de vida acuática, cambio en biodiversidad, salud de los ocupantes, agotamiento de energía no renovable, agotamiento de recursos no renovables, generación de residuos, calidad del ambiente interior y coste económico. Considerar todos estos aspectos durante todas las fases de proyecto y obra ha permitido obtener una reducción global del impacto del edificio superior al 70% respecto a un edificio con las mismas características realizado de manera tradicional, consiguiendo excepcionales resultados por ámbito, como una reducción del 83% del impacto sobre el cambio climático del edificio, el 100% de impacto reducido en biodiversidad, gracias al uso de plantas autóctonas que se riegan integralmente a través del agua de lluvia recuperada y un 100% de reducción de impacto ambiental de agotamiento de recursos no renovables. Estos resultados además han permitido mantener el coste de construcción material por debajo de la media nacional con un coste de 1175€/al m2.

Viviendas unifamiliares en Calle Pomaret

- Superficie de obra: 350 m2
- Coste Obra (PEM): 700 €/m



Ilustración 12 - Casas Pomaret, Vista exterior y interior donde se puede apreciar la simplicidad de los materiales de construcción

Se trata de un conjunto de viviendas pareadas ubicadas en el límite de la ciudad de Barcelona, lindando el espacio natural de Collserola. La edificación se organiza en tres plantas, una planta sótano de aparcamiento, instalaciones y almacén, una planta baja donde se distribuye la zona de día y una planta alta de dormitorios y estudio; la adaptación progresiva a la topografía permite una estrecha relación de cada planta con el espacio exterior. La propuesta se concibe, en su totalidad, desde la integración de sistemas industriales ensamblados. La percepción de las viviendas desde la calle es de cuatro volúmenes, cuatro módulos autónomos, industrializados y ligeros; son estos módulos los que generan y delimitan el espacio interior y exterior de la vivienda, aportando una

complejidad volumétrica y espacial así como permitiendo visuales diversas, tanto des del exterior como des del interior. Una única cubierta ajardinada recoge la volumetría de los módulos. Toda la edificación ha partido de criterios medioambientales y de sostenibilidad, priorizando el comportamiento pasivo, que permita una reducción del impacto ambiental y de demanda energética. Se priorizan las ventilaciones cruzadas naturales. Se introducen sistemas activos de ventilación natural. La vegetación se integra a la arquitectura y es elemento indispensable en el buen comportamiento bioclimático. El principal elemento industrializado son sus módulos tridimensionales de 12m de longitud x 3m de ancho, compuestos por pilares metálicos y losa de hormigón y que incorporan en su envolvente un sistema integral, desarrollado por un panel metálico de 2.80 x 0.60 con un aislamiento de lana de roca y unos perfiles que sustentan tanto los tabiques interiores como la fachada ventilada cerámica. Las viviendas se han desarrollado desde sistemas pasivos y activos de reducción y eficiencia energética. El proyecto se ha desarrollado considerando como aspecto prioritario, la conexión de las estancias y su orientación solar y de vientos dominantes, para favorecer la ventilación natural cruzada: por un lado, la vegetación como elemento esencialmente constructivo que aporta confort y optimiza la refrigeración natural. Por otro lado se incorporan unos pozos canadienses, como sistema activo de ventilación natural. Un conjunto de conductos, enterrados bajo la planta sótano, por los que circula aire permite un intercambio de calor con el terreno. Este aire, más fresco en verano que el aire exterior y más caliente en invierno, es impulsado hacia el interior de la vivienda, aportando confort y reduciendo el consumo de energía convencional. Todas las aberturas orientadas a Sur-Oeste de las viviendas disponen de protecciones solares. Los módulos tridimensionales de planta segunda vuelan sobre el estar ejerciendo de porche y por tanto de umbráculo en verano.

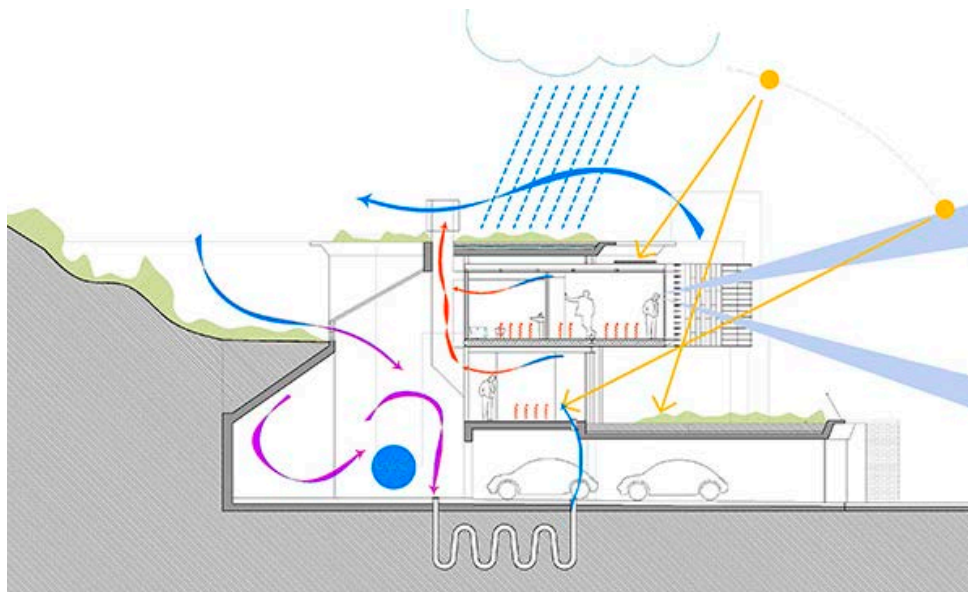


Ilustración 13 - Sección Bioclimática donde se explican todas las estrategias pasivas: Recuperación del agua de lluvia, Protección y captación solar, ventilación natural, pozos canadienses, inercia térmica

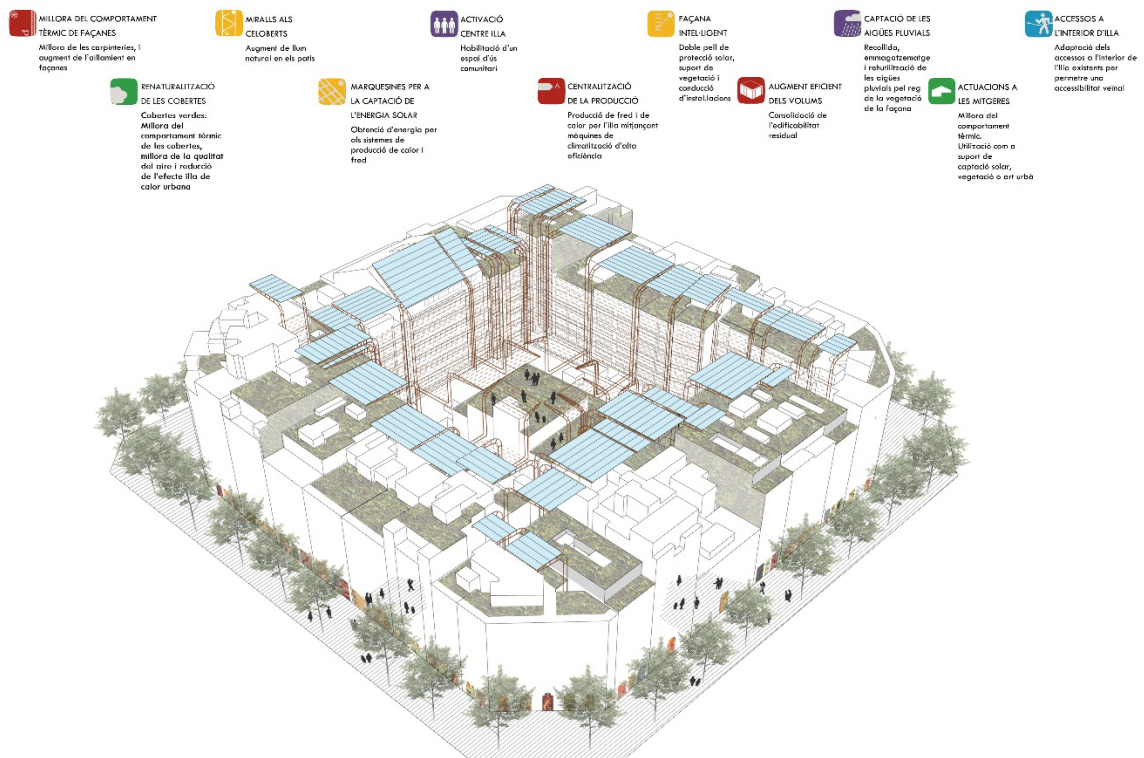
Las aberturas de los módulos disponen de una celosía de piezas cerámicas de gran formato, fabricadas localmente, con unas dimensiones precisadas en proyecto desde un estudio de soleamiento. La vegetación tiene una función, en toda la edificación, de refrigeración y protección solar, una malla metálica a doble altura es la base que permite trepar a una vegetación de hoja caduca que protege en verano y permite el efecto invernadero en invierno. Existe una red de saneamiento en las viviendas que separa las aguas pluviales, de las aguas residuales, permitiendo recuperar las aguas pluviales y

reutilizar las aguas grises. Las aguas grises se reutilizan para las cisternas de los inodoros y el agua de lluvia se almacena para uso en la jardinería. Este ejemplo de arquitectura sostenible es bastante emblemático por su articulación en varias soluciones bioclimáticas que no implican un coste añadido respecto a la práctica habitual. El coste de ejecución de 700 €/m² se coloca en la franja baja de coste de construcción para obra nueva en Barcelona. Estrategias altamente ventajosas como la calefacción solar pasiva en invierno y el control solar en verano son aspectos que se controlan a partir de la arquitectura misma de los espacios, en función de la orientación, la superficie de ventana expuesta a sur y los elemento de protección horizontal que exclusivamente por su geometría, permiten regular la entrada de Sol durante todo el año en función de su inclinación. Además la solución constructiva prefabricada y el diseño interior sencillo, que valoriza el material mismo de los elementos constructivos, comportan una ulterior reducción de coste, manteniendo un nivel de calidad elevado.

PROYECTOS DESTACADOS DE REFORMA

Análisis de optimización energética de una manzana en el Eixample

La rehabilitación energética de edificios a la ciudad de Barcelona y, en general, en la mayor parte de ciudades mediterráneas, tendría que incrementarse para llegar al nivel de otras ciudades europeas. La densidad de la trama urbana de las ciudades de nuestro ámbito, donde casi la totalidad de los ciudadanos viven en bloques de pisos, añade complejidad a la concreción de este tipo de proyectos, que requieren el acuerdo previo entre vecinos de la misma comunidad para su puesta en marcha.



Il·lustració 14 - Esquema de la intervenció en una manzana tipa

A través de un análisis detallado de las manzanas del Eixample (PICH ARCHITECTS et al., 2016), se establecen las bases del modelo y de las actuaciones de renovación energética del Conjunto Urbano y de futuras actuaciones a nivel de manzana que se desarrollen en otras partes de la ciudad de Barcelona, en especial del Ensanche. Una actuación en este distrito necesita una lectura contemporánea del Pla Cerdà, que permita lograr los nuevos requerimientos contemporáneos de sus valores sociales, urbanos, ambientales y arquitectónicos inherentes a las trazas fundacionales del propio Plan. En función de las directrices europeas, que ponen la atención hacia unas actuaciones integradas e interconectadas a nivel urbano, el enfoque del estudio no ha tenido en cuenta únicamente las actuaciones a nivel individual de vivienda, que se reduciría a la única solución posible: un cambio de instalación con una repercusión mínima en su impacto ambiental global. En un escenario más amplio, se ha considerado la Isla en su conjunto, incorporando todos los usos comerciales y terciarios, además del residencial. Por otro lado, se investigaron las demandas y las aspiraciones de los propios vecinos con el objetivo también de conocer su contexto social. También se ha considerado integrar soluciones energéticas innovadoras de tipo pasivo, que suponen una clara mejora patrimonial de las viviendas y de tipo activo como sistemas colectivos de alta eficiencia energética con apoyo de energías renovables. Una de las medidas más importantes propuestas ha sido intervenir en las fachadas y cubiertas de los patios de isla y de las azoteas, rehabilitándolas por el uso de los vecinos y mejorando su prestación energética. Como punto de partida, ha sido imprescindible caracterizar el estado actual tanto desde la vertiente técnica, arquitectónica y de instalaciones, cómo socio-económica, mediante la realización de trabajos de encuestas y de inventario, clasificando los edificios en diferentes tipologías, histórica, tradicional y moderna, representativas de los edificios de la manzana. El 77% de las fincas residenciales corresponden a la tipología histórica, es decir, que de media tienen más de un siglo de vida y que, en la mayor parte de los casos, presentan serias carencias de mantenimiento de las instalaciones y de las fincas en general. Las posibles alternativas técnicas a plantear consisten en necesidades básicas de actuación en las fincas, como por ejemplo el mantenimiento, combinándolas con soluciones de mejoras energéticas. Por ejemplo, en caso de trabajos de mantenimiento que requieren el montaje de andamios se aprovecha para aislar térmicamente los patios interiores a un coste marginal. Una estrategia de actuación de este tipo representa un verdadero cambio de paradigma energético y ambiental, y comportan una transformación real de la manzana, aportando una mayor calidad de vida a los vecinos. En cuanto a medidas pasivas o de infraestructura, se propone el aislamiento de todos los cerramientos, salvo la fachada exterior, donde el nivel de protección patrimonial en la mayor parte de las fincas invalida la posibilidad de actuar, y la sustitución de los vidrios simples y carpinterías de ventanas.



Ilustración 15- Detalles de actuación

Hay que remarcar que en todas estas actuaciones se ha querido ir un paso más allá y, siempre que ha sido posible, por ejemplo, una intervención en cubierta no solo se limita en aislarlas sino convertirlas en azoteas verdes o, además de aislar las medianeras, proponemos colocar paneles fotovoltaicos en las que estén soleadas. Cómo también se percibe un interés por parte de los vecinos consultados en la integración del verde, se propone la recuperación del uso colectivo de las azoteas y de las cubiertas del centro de manzana. Otras propuestas de mejora pasivas, también contemplan soluciones innovadoras, como los espejos reflectantes de luz solar a los patios de luces o la instalación de una pérgola a las azoteas, que tenga la propiedad de cerrarse con elementos transparentes generando invernaderos y ofreciendo al mismo tiempo una superficie de apoyo a los paneles solares y fotovoltaicos. Este mismo concepto se propone también por la fachada generando una “fachada inteligente”, superpuesta a la fachada del patio interior de manzana, que permite apoyar a los elementos de protección solar, canalizar de forma ordenada las redes de distribución existentes y futuras, añadiendo una mejora del paisaje urbano, re-diseñando el perfil interior de la manzana con un elemento regular y ligero que oculta los volúmenes secundarios añadidos.

En cuanto a medidas de mejora activa, se recoge la necesidad de renovación de las maquinarias de ascensor obsoletas, sustituyéndolas por otros de alta eficiencia energética. Se proponen tres alternativas básicas por el acondicionamiento térmico y la producción de agua caliente sanitaria: sistemas individuales basados en calderas de condensación, sistemas centralizados de bloque con bomba de calor y sistema centralizado de producción de calor, frío y ACS a nivel de manzana.

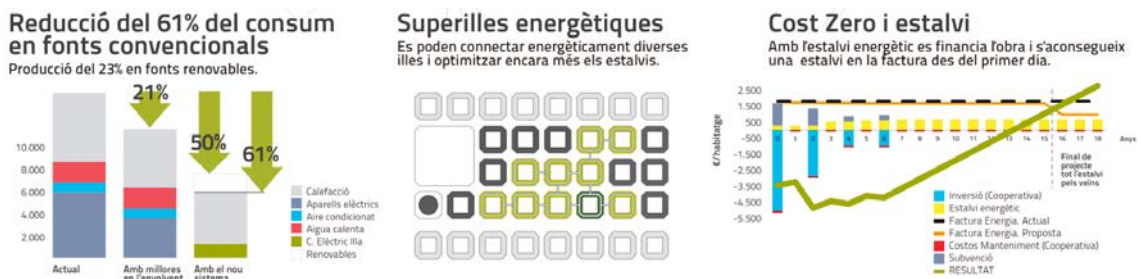


Ilustración 16 - Ahorro energético y ahorro económico

El escenario final, integra el conjunto de estrategias que permite una verdadera transición energética con un nuevo modelo energético y social. Para que tenga éxito tiene que

emerger una nueva identidad vecinal que reúna el conjunto de la manzana, no como sumatorio de las comunidades existentes sino integrando directamente los vecinos. Además del valor social, se aportan otros valores más generales como por ejemplo la descongestión del barrio, la disminución de la polución ambiental, la atenuación del efecto isla de calor, la producción de energía renovable, la activación de un nuevo diálogo vecinal y la re-valorización del bien inmobiliario. Este valor cualitativo añadido tiene que ser tenido en cuenta para evaluar el modelo en toda su dimensión. La recuperación del centro de manzana para uso vecinal puede complementar ciertas carencias de un barrio congestionado, posibilitando el ocio de los vecinos y la producción centralizada de clima y energía. La normativa vigente ayuda a comenzar un diálogo con los propietarios afectados, buscando fórmulas ingeniosas que permitan utilizar las azoteas sin afectar forzosamente el uso inferior. Finalmente, se considera absolutamente necesaria la complicidad y la implicación de la administración pública, para hacer viable este tipo de proyectos, tanto en cuanto a la tramitación cómo en cuanto al apoyo a los vecinos para superar las diferentes barreras identificadas como la cesión del uso de las azoteas del centro de manzana, facilitación en temas de financiación y arbitraje.

Estudio energético y proyecto de reforma del ayuntamiento de Calaf

- Sup. edificada: 1.218,5 m²
- Presupuesto PEM: 113.369,77€
- Tiempo de amortización: 11 años

El proyecto de reforma energética empieza por una pormenorizada análisis y recogida de datos del estado actual del edificio para identificar y cuantificar las partes o sistemas del edificio más deficitarias. Este proceso se acompaña desde el principio con simulaciones energéticas capaces de cuantificar la demanda energética, localizando las pérdidas con un nivel de precisión muy elevada de cada elemento constructivo, cerramiento o ventana. Las simulaciones energéticas se han desarrollado con herramientas computarizadas, pudiéndose realizar un análisis detallado del comportamiento del edificio teniendo en cuenta las diferentes zonas y usos correspondientes. De este modo se calcula la demanda del edificio y el consumo energético con el sistema de climatización de que se dispone y este análisis se comprueba con las facturas de los últimos años. El uso de cálculos y simulaciones energéticas permiten prever el éxito potencial de cada medida de reforma, pudiendo así controlar y planificar con buena precisión las intervenciones y los tiempos de amortización. Con la información y el valor de magnitud de las pérdidas energéticas en cada zona, y por cada elemento constructivo, se estudian una lista de medidas de mejora en las partes más significativas.

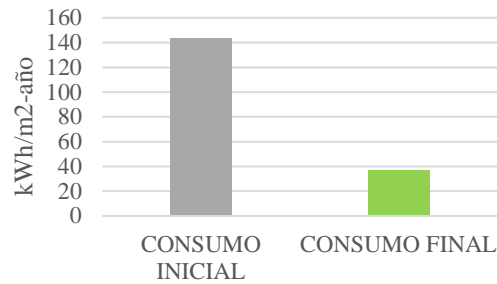


Ilustración 17- Edificio del Ayuntamiento de Calaf (izquierda), Comparativo consumos del estado inicial con estado reformado

El ayuntamiento de Calaf se encuentra al lado de la iglesia del casco antiguo y está conformado por la anexión de tres bloques contiguos con fechas de construcción diferentes distribuidos en planta baja, dos plantas piso y la buhardilla donde se ubica el archivo. La zona climática de Calaf según CTE *DBHE Apèndix D*, es D1 con hibernos fríos y largos y veranos calientes y cortos. Un elemento distintivo de este edificio es el núcleo de escaleras conformando un triple espacio interior dispuesto en el centro y terminado con un lucernario orientado a Sud-Oeste en cubierta. Este núcleo está doblado al pertenecer en el pasado a dos unidades funcionales distintas, generando un lucernario común en cubierta de 55 m² que dispone de una obertura perimetral permanente. La envolvente del edificio carece de aislamiento térmico a excepción de la cubierta y las ventanas son de vidrio simple, disponiendo de una resistencia térmica ineficiente y con un nivel de infiltraciones elevado. Los espacios de tránsito, almacenaje o de uso esporádico suponen un porcentaje muy elevado en el conjunto del edificio y no están aislados de las zonas climatizadas habituales, hecho que favorece que la climatización no de abasto en la temporada invernal en la mayoría de recintos. Los tres factores determinantes en el consumo energético del edificio del ayuntamiento de Calaf son las pérdidas por la envolvente, una distribución de la ocupación ineficaz y una instalación infradimensionada. Así mismo se propusieron una serie de posibles medidas de mejora, independientes y conjuntas, para solucionar estos aspectos, valorando el ahorro energético, la viabilidad de implementación, su eficacia, la inversión inicial y su amortización. Se propone aislar por el interior la fachada, por el exterior el forjado, controlar las infiltraciones del edificio y aprovechar el lucernario para conservar las ganancias solares y reducir las pérdidas por su perímetro. También se sugiere una distribución de la ocupación eficaz climatizando únicamente las zonas en uso. La mejora de la envolvente propuesta, conlleva una bajada del 73,8% del consumo en calefacción. En cuanto a medidas de mejora activas, se sugiere el cambio de instalación de la climatización por una bomba de calor más eficiente, que permitiría bajar un 68% los consumos de clima. También se predimensiona una instalación fotovoltaica que haría posible cubrir casi totalmente los consumos eléctricos y de refrigeración en un escenario reformado. Este proyecto demuestra cómo no siempre el cambio del sistema de instalación por uno más eficiente corresponde a un ahorro respecto a una reforma energética integral de la envolvente. El coste de las instalaciones se estima por un valor de 197.600,00 € con un ahorro del 68% y un tiempo de amortización de 19 años y el presupuesto de las medidas de mejora pasiva es de 113.369,77€ con un ahorro del 74% y un tiempo de amortización de 11 años.

| DESCRIPCIÓN | INVERSIÓN | AHORRO ANUAL* | EFICACIA (% DE MEJORA EN CLIMA)** | TIEMPO DE AMORTIZACIÓN (AÑOS) |
|---|--------------|---------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Cambio de lucernario | 28.200,00 € | 1.820,28 € | 18% | 11 |
| Substitución de las ventanas en la medianera de iglesia | 1.180,90 € | 125,13 € | 1% | 6 |
| Aislamiento fachada por el interior | 36.599,90 € | 2.373,98 € | 24% | 10 |
| Aislamiento fachada por el interior y el exterior | 133.200,12 € | 2.373,98 € | 24% | 28 |
| Cambio carpinterías | 23.233,75 € | 1.597,75 € | 16% | 10 |
| Aislamiento Forjado | 21.417,50 € | 655,28 € | 7% | 20 |
| Sectorización | 4.162,32 € | 2.343,88 € | 31% | 2 |
| Conjunto de medidas de mejora pasivas | 113.613,47 € | 7.331,15 € | 74% | 11 |
| Paneles fotovoltaicos | 46.038,54 € | 3.856,53 € | 0% | 7 |
| Cambio Máquina de clima | 197.599,67 € | 6.756,51 € | 68% | 19 |

* Ahorro del primer año según precios actuales de la energía

** Mejora en la reducción de la demanda energética necesaria para conseguir el nivel de confort

Otros aspectos a considerar son la durabilidad de las medidas y el confort conseguido con las mejoras pasivas: actuar en los elementos constructivos asegura una mejora definitiva de las prestaciones energéticas a lo largo de la vida útil del edificio, mientras que la durabilidad de las instalaciones se reduce a un tiempo limitado de entre 15 y 20 años. Por otro lado, a menos que no se consiga una independencia de las máquinas, siempre se tendrá que remplazar el sistema de climatización, constituyendo un gasto inevitable, aunque un edificio eficiente permite reducir sensiblemente la entidad de las instalaciones.

CONCLUSIONES

Las políticas nacionales y sobretodo Europeas han marcado los hitos importantes para que el modelo constructivo se convierta en un modelo sostenible. El primer paso ha sido definir y exigir los edificios nZEB, como criterio mínimo de cumplimiento normativo, este aspecto define un nuevo modelo para el sector de la construcción que cambia sensiblemente la dinámica de demanda y oferta. De ahora en adelante un edificio con consumo cero será la exigencia mínima, por lo tanto todo el sector tendrá que ser capaz de responder manteniendo el estándar de calidad de la buena práctica habitual. A día de hoy esta transformación no está actuando con la velocidad esperada, y el modelo nZEB cuenta todavía con un número muy limitado de ejemplares. Al no ser una solución arquitectónica ya consolidada, el riesgo y el mayor miedo es el sobrecoste que el nuevo modelo conlleva: si por un lado hay sistemas añadidos que encarecen el coste de construcción, como los sistemas de producción de energía renovable, por otro lado un proceso de diseño que tiene en cuenta desde el principio la energía y los impactos medioambientales permite bajar el precio total del proyecto hasta por debajo del coste de un edificio de referencia con las mismas características concebido de forma tradicional.

Las herramientas de simulación energética permiten optimizar el diseño arquitectónico en función de su comportamiento energético, de esta manera es posible tener un control

de costes preciso en función del coste de uso del edificio, introduciendo también como variable el tiempo de retorno o el ahorro directo. Si un edificio se concibe desde el principio teniendo en cuenta el aspecto energético, él mismo por sus características constructivas, de emplazamiento y orientación será capaz de reducir pasivamente su demanda energética, pudiéndose reducir al mínimo la inversión en instalaciones y la necesidad de añadir sistemas de producción de energía renovable. En proyectos de reforma actuar en la mejora de la envolvente comporta una mejora de confort y de consumo definitiva, mientras que las instalaciones tienen una vida útil limitada a los 15 – 20 años y una eficacia menor a nivel de confort. Si al aspecto energético añadimos los aspectos de impacto medioambientales el coste de construcción puede ser aún más reducido.

Es de fundamental importancia reducir lo superfluo y minimizar el impacto de la construcción y de la producción que indirectamente comporta una reducción en consumo energético y en uso de material que se traduce en un potencial ahorro económico. Actualmente la industria de la construcción conserva las dinámicas de la construcción tradicional que hacen más competitivas soluciones constructivas más consolidadas en un modelo de producción en masa. Esto de momento hace menos competitivos sistemas constructivos más eficientes y potencialmente más económicos como los elementos prefabricados e industrializados y las construcciones en seco. Estos sistemas se tienen que considerar en la totalidad de su ciclo de vida, aspecto que puede conferir un gran valor añadido y que la construcción tradicional no puede aportar. Es importante destacar que la producción de elementos prefabricados y componentes industrializados garantizan una mejor calidad del producto final, pudiéndose controlar y planificar en fábrica todo el proceso constructivo. Aunque desafortunadamente en el balance económico no entra de momento el impacto ambiental asociado a todo el proceso constructivo, se perciben señales de cambio, debidos a la insostenibilidad comprobada del proceso productivo y constructivo tradicional. Algunas empresas de promoción inmobiliaria han empezado a exigir la evaluación medioambiental como criterio de adjudicación. Herramientas como BREEAM, LEED y VERDE son las más frecuentes en España. Esto comporta que no solo la energía si no todo el proceso constructivo tenga un enfoque de bajo impacto ambiental, comportando un cambio paradigmático tanto a nivel de diseño, con una progresiva atención a las dinámicas bioclimáticas, como a nivel de materiales, con el desarrollo de certificaciones de producto de construcción, la DAPcons, el interés en las industrias cercanas y al ciclo de vida de todos los materiales. Este fenómeno desencadena un impacto importante en un modelo económico que se va convirtiendo más y más en un modelo de economía circular. Este modelo favorece principalmente a la producción local y la pequeña industria, exigiéndose productos de proveniencia local con un radio que generalmente varía entre los 200 y los 400 km. Este factor podría potencialmente revitalizar las empresas locales que por un lado tendrán la oportunidad de recubrir una posición de favor en el mercado y por otro lado, debido a la constante evolución y la multitud de variables tipológicas y constructivas, tendrán que ser capaces de responder y reinventarse en función de la demanda de productos de construcción. Muchos de los factores que se tienen en cuenta en la definición de un material de construcción sostenible, que por lo tanto puntúa positivamente en una evaluación ambiental, son su posibilidad de ser desmontables, reutilizables o reciclables, además de su contenido original de material reciclado. Los materiales que vienen acompañados de las DAPcons tendrán este proceso controlado y por lo tanto serán de más fácil implantación en un proyecto sostenible. En el momento que las evaluaciones medioambientales se hacen más y más importantes, todo el sector de los productos de construcción se ve involucrado en una transformación hacia un modelo de economía circular. En proyectos de rehabilitación el gran impacto del

parque construido sobre el cómputo total del impacto energético global implica una gran atención hacia este aspecto suportada por unas directrices generales de la directiva europea. En este caso es determinante poder establecer con precisión el tipo de intervención y su repercusión en ahorros energéticos. Solo a través de simulaciones energéticas es posible determinar un coste-beneficio óptimo de las actuaciones para poderse valorar en términos económicos de inversión y tiempos de retorno. En este aspecto hay una diferencia sustancial entre mejorar la envolvente y mejorar las instalaciones, en el primer caso un sobrecoste inicial tiene una posibilidad de amortización más fructuosa a medio largo plazo, generando un valor añadido en términos de confort y de calidad arquitectónica del edificio.

Referencias Bibliográficas

ANA ROMERO CALIX (2017) Estrategias municipales integrales con criterios de consumo de energía casi nulo – aplicación en Badia del Vallès, Barcelona.

ASHRAE 55-2017 (2017) ASHRAE standard 55-2017 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

BERARDI U. (2012) “Sustainability assessment in the construction sector: rating systems and rated buildings”, 411-424.

BOE (2015) “Real Decreto 564/2017”:
<https://www.boe.es/boe/dias/2017/06/06/pdfs/BOE-A-2017-6350.pdf>

BREAM ES (2011): <http://www.breeam.es/>

COP21 (2015) “Conferencia de las Partes 21er período de sesiones París, 30 de noviembre a 11 de diciembre de 2015”:
<https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf>

DRIES ACKE ET AL (2012) “From roadmaps to reality, Dries Acke et al”

EUROPEAN PARLIAMENT (2010) “DIRECTIVE 2012/27/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC”.

UNE-EN 15251 (2008) Parámetros del ambiente interior a considerar para el diseño y la evaluación de la eficiencia energética de edificios incluyendo la calidad del aire interior, condiciones térmicas, iluminación y ruido.

HOYT TYLER, UNIVERSITY OF CALIFORNIA BERKELEY (2017) “Hoyt Tyler, Schiavon Stefano, Piccioli Alberto, Cheung Toby, Moon Dustin, and Steinfeld Kyle, 2017, CBE Thermal Comfort Tool.”:
<http://comfort.cbe.berkeley.edu/>

IAE: (<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/solutions-analysis-and-data-for-the-global-energy-transition.html>)

IDAE (julio 2015) “Ministerio de Industria, Estado de la certificación energética de los edificios datos CCAA”

IDAE (2018) “Programas de subvenciones anuales”: <http://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/programa-de-ayudas-para-la-rehabilitacion-energetica-de-edificios-existentes/>, / <http://habitatge.barcelona/ca/serveis-habitatge/vols-rehabilitar-el-teu-habitatge/ajuts-rehabilitacio/rehabilitacio-energetica>

IPCC (2007) “Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, 18-41: www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/contents.html

J. F.NICOL -M. A.HUMPHREYS (2009) “New standards for comfort and energy use in buildings J. F.Nicol -M. A.Humphreys”

KRAWCZYK (2016) “Analysis of an Energy Consumption for Heating and Cooling Depending on the Buildings Location”, Energy Procedia, 216-222.

MICHAEL BRAUNGART, WILLIAM MCDONOUGH (2002) “Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things”

MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA Y PARA LAS ADMINISTRACIONES TERRITORIALES (2017) Real Decreto 564/2017, <https://www.boe.es/boe/dias/2017/06/06/pdfs/BOE-A-2017-6350.pdf> ,

PATRONAT DEL HABITATGE (2017) <http://habitatge.barcelona/ca/serveis-habitatge/vols-rehabilitar-el-teu-habitatge/ajuts-rehabilitacio/rehabilitacio-energetica>

PICH ENERGY (2017) “Edificis de consum gairebé zero 2017”.

PICH ARCHITECTS – MOREA-CORÁN ARQUITECTOS (2010) “Hospital San Joan de Reus “

PICH ARCHITECTS et al. (2016), (2) Análisis de optimización energética de una manzana en el Eixample, Arriola Fiol arquitectos. FiP, arquitectos. La Vola, Aiguasol, Re-Cooperar, XiA i ECTS, Eva Bufí , Envolvalia.

REITER SIGRID, MARIQUE ANNE-FRANÇOISE (2012) “Toward low energy cities: A case study of the urban area of Liège, Journal of Industrial Ecology” 829-838.

ROADMAP2050 <http://www.roadmap2050.eu/>

USGBC-LEED (2018): <https://new.usgbc.org/>

VERDE GBCe (2017): <http://www.gbce.es>