

# Diseño constructivo y estrategias para Aktivhaus

Patricia Domingo Gimeno  
Tutor: Francisco José Cubel Arjona



**TRABAJO FIN DE GRADO**  
Grado en Fundamentos de la Arquitectura

Valencia 17 Septiembre 2020

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA  
DPTO. CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS





## Diseño constructivo y estrategias para Aktivhaus

### RESUMEN

El proyecto fin de grado se centra en estudiar los criterios arquitectónicos de eficiencia energética en la envolvente de un edificio. Al inicio se analiza el flujo de energía en la construcción según las decisiones de diseño que se toman. Se describen los actuales estándares de eficiencia energética, sus principios y requisitos para la obtención de certificaciones correspondientes.

Se analizan los criterios Aktivhaus, acompañados de ejemplos de proyectos construidos recientes. Se presentan las decisiones de diseño en la envolvente de un proyecto para ahorrar energía, minimizar pérdidas energéticas y controlar de forma activa la demanda energética propia y su aporte por fuentes renovables.

El fin de este estudio es la presentación de todos los criterios y la elección óptima para el diseño de la envolvente en una obra Aktivhaus sea de obra nueva o rehabilitación. Entender cómo la evolución en la búsqueda de la eficiencia energética lleva a obtener espacios confortables gracias a la elección de sistemas constructivos y de ingeniería que aportan esa energía demandada de forma sostenible.

*Palabras Clave:*

*Aktivhaus; Energy-Plus House; Eficiencia Energética; Nearly Zero-energy; nZEB; Envolvente Eficiente; Equilibrio Energético Construcción; Werner Sobek; Arquitectura Sostenible.*

## Constructive design and strategies for Aktivhaus

### ABSTRACT

The final degree Project is a focused study on the architectural criteria relating to energy efficiency within a given buildings' envelope. As a base-line for comparison, the current energy flow within the building is analyzed while taking into consideration design related decisions. Once the existing energy efficiency rating has been established, these principles and requirements are used to obtain the appropriate certification.

The Aktivhaus criteria are analyzed, along side examples of recently built projects. Design recommendations are made with respect to the building envelope to save energy, minimize energy loss, to consciously control its own energy demand and its contribution from renewable sources.

The purpose of this study is to present all of the relevant criteria and to choose the optimal design for the envelope in an Aktivhaus building, whether a new build or renovation project. Furthermore, to understand how the evolution in the quest for energy efficiency, leads to the creation of comfortable spaces through the choice of construction materials and engineering systems that meet energy demands in a sustainable manner.

*Keywords:*

*Aktivhaus; Energy-Plus House; Energy efficiency; Nearly Zero-energy; nZEB; Efficient Envelope; Construction Energy Balance; Werner Sobek; Sustainable Architecture.*

## Diseny constructiu i estratègies per Aktivhaus

### RESUM

El Projecte Fi de Grau és un estudi centrat en els criteris arquitectònics relacionats amb l'eficiència energètica en l'envoltant d'un edifici. A l'inici s'analitza el flux d'energia en la construcció dins de l'edifici tenint en compte les decisions relacionades amb el disseny. Es descriuen els actuals estàndards d'eficiència energètica, els seus principis i requisits per l'obtenció de la certificació corresponent.

S'analitzen els criteris de Aktivhaus, juntament amb exemples de projectes de recent construcció. Es fan recomanacions de disseny pel que fa a l'envoltant de l'edifici per estalviar energia, minimitzar les pèrdues d'energia, per controlar de manera conscient la seua pròpia demanda energètica i la seua aportació de fonts renovables.

El propòsit d'aquest estudi és presentar tots els criteris rellevants i escollir el disseny òptim per a l'envoltant en un edifici Aktivhaus, ja siga un projecte de nova construcció o renovació. Entendre com l'evolució en la recerca de l'eficiència energètica porta a la creació d'espais confortables a través de l'elecció de materials de construcció i sistemes d'enginyeria que aporten esta energia demandada de una manera sostenible.

*Paraules clau:*

*Aktivhaus; Energy-Plus House; Eficiència Energètica; Nearly Zero-energy; NZEB; Envoltant Eficient; Equilibri Energètic Construcció; Werner Sobek; Arquitectura Sostenible.*

*A la meua família i per a tú, Joel*

## ÍNDICE

1	OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	1
2	INTRODUCCIÓN.....	2
2.1	Control de Energía en la construcción.....	3
2.2	Contribuir a un desarrollo sostenible.....	5
3	ESTÁNDARES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	6
3.1	Casa bioclimática.....	6
3.2	Verde_GBCe.....	7
3.3	BREEAM.....	9
3.4	LEED.....	10
3.5	Passivhaus_Passive House.....	12
3.6	Nearly zero-energy_nZEB.....	15
3.7	Casas Eficientes Plus_Plus Energy House_CEP.....	16
3.8	Active House.....	22
3.9	Casa Clima.....	24
3.10	Minergie.....	25
4	CRITERIOS AKTIVHAUS.....	28
4.1	Captación y conservación de calor.....	29
4.2	Aislamiento.....	31
4.3	Vidrios y acristalamientos.....	37
4.4	Ventilación.....	40
4.5	Control solar_Sombreado.....	44
4.6	Minimizar Puentes térmicos.....	44
4.7	Masa térmica.....	48
4.8	Generador de energía_Instalaciones.....	50
4.8.1	Fotovoltaica.....	51
4.8.2	Tecnología Solar Térmica.....	55
4.8.3	Tecnología Geotérmica.....	60
4.8.4	Iluminación Natural.....	63
4.8.5	Iluminación Artificial.....	66
4.8.6	Calidades y detalles.....	67
5	PROYECTOS AKTIVHAUS.....	68
6	CONCLUSIONES.....	93
	BIBLIOGRAFÍA.....	95
	REFERENCIA IMÁGENES.....	100

## 1 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El desarrollo de este estudio tiene como finalidad el informar de todos los criterios concernientes al diseño de la envolvente térmica de un proyecto para que se defina como Aktivhaus por su eficiencia energética. Introduciendo el tema de la energía durante todo el proceso arquitectónico, para así entender el equilibrio energético que se pretende con estos proyectos Aktivhaus de autosuficiencia y aporte de energía por medio de recursos renovables.

Algunos criterios se han acompañado de proyectos construidos en los últimos años para mostrar desde prototipos, rehabilitaciones y soluciones arquitectónicas originales que sugieren hacia donde está evolucionando el concepto de casa activa.

El propósito de este estudio, es tener la suficiente información para concienciar del papel de la energía como una inversión de futuro y que la eficiencia sea primordial a la hora de diseñar o rehabilitar cualquier obra arquitectónica.

La metodología para conseguir estos objetivos se basa en primer lugar en explicar el papel del uso de la energía representada dentro de ciclo de la construcción. La descripción de los conceptos básicos de los tipos de estándares de eficiencia energética actuales, ayuda a establecer límites y a entender qué parámetros debemos exigirnos como mínimos.

El siguiente paso, quizás el más extenso de todo el estudio, es desarrollar todos los criterios que cumple un proyecto Aktivhaus respecto a las especificaciones de su envolvente térmica. A estos criterios se les acompaña de ejemplos de obras actuales construidas que tengan algo relevante que aportar, detalles constructivos, plantas e información técnica, utilizándolos como ejemplo eficiente de ese criterio en concreto.

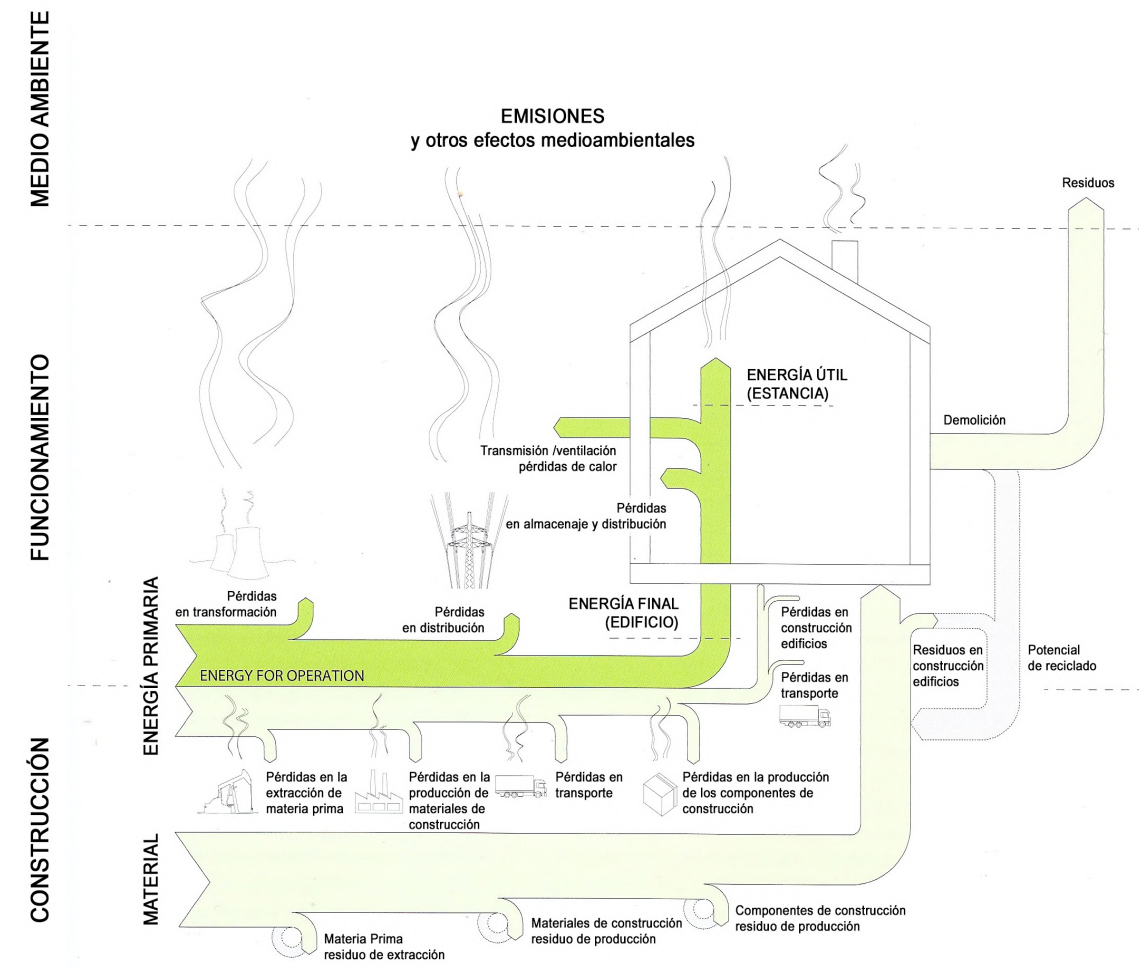
Para llegar a entender así el análisis de los cuatro proyectos de la obra de Werner Sobek. En los que se aprecia su evolución dentro del desarrollo del concepto Aktivhaus, sus estudiados diseños y sus montajes y construcción organizada que aseguran el estándar Triple Zero, uno de los más exigentes. Argumentando así cómo la elección eficiente de los recursos renovables y un diseño estructural y de materiales hacen que las Aktivhaus sean la solución actual más sostenible.

## 2 INTRODUCCIÓN

El concepto de energía dentro de la construcción no sólo se limita a controlar la que se aporta para el calentamiento de estancias o el agua caliente sanitaria, sino que incluye muchos aspectos como la energía eléctrica necesaria o la energía incorporada desde la extracción de las materias primas hasta su vida útil ya transformadas.

Hay una gran diferencia entre la energía necesaria en una demanda doméstica familiar para su calentamiento (15%) y la de su energía eléctrica demandada sobre un 60% de su total, incluyendo ya la idea de que su iluminación es toda de LEDs y todos sus aparatos eléctricos de tipo A+++ . De ahí que en exigencias futuras se intente controlar ese consumo eléctrico en la vivienda y sobretodo en la de otros usos como el de oficinas, tiendas o instalaciones de producción o investigación que son mucho mayores.

Por eso empezamos por ser conscientes de cuanta energía es necesaria en la producción de materiales y elementos, en su mantenimiento y actualización durante todo su periodo útil. Muchas son las estrategias para minimizar esta energía, desde la elección de materias primas renovables, el uso de materiales reciclados o el asegurar una larga vida útil, con un bajo mantenimiento, una buena localización, que tenga posibilidad de cambios de uso o un buen diseño estético y técnico. [Hegger, 2016]



1 Criterios de equilibrio energético. Imagen traducida de inglés. [Hegger et al., 2016:37]

## 2.1 CONTROL DE ENERGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN

Este interés por la eficiencia en la construcción, tanto en la construida como en la nueva, ha de implantarse como un estilo de vida. Algo difícil en la actualidad en nuestro país, donde no hay una demanda, ni producción mayoritaria de edificios eficientes o de implantación de estándares de eficiencia altos. Los usuarios van a moverse por sus propios intereses como el precio, localización o superficie antes de ver qué eficacia energética presenta. El tema del dinero a la hora de la adquisición o de la construcción es más importante que la huella ecológica que supone o el ahorro mensual de cara al futuro. El usuario aún no es consciente de la cantidad de energía que una construcción necesita, desde su producción, transporte de materias, transformación, el propio uso, las posibles pérdidas, etc. ni piensa en la cantidad de emisiones o residuos que ésta va a suponer. Pero todo está relacionado si bien se mira, ya que en realidad la eficiencia energética va a repercutir en el consumo de energía de ese inmueble que se verá después reflejado en facturas de luz, agua y gas. Los residuos que se generen van a tener repercusiones ya no solo a nivel local sino global.








### 2 Ranking de elementos determinantes en la decisión de compra. [CGATE]

Desde la Unión Europea se estableció en 2010 (2010/31/EU) la necesidad de reducir del 40% del consumo total de energía correspondiente a los edificios a un 20% en 2020 con el "Plan de acción para la eficacia energética: realizar el potencial". En el año 2018 todos los edificios nuevos de la Administración Pública deberían de ser edificios de energía casi nula y en el 2020 todos los edificios que se construyan. [Directiva (UE) 2018/844]

En España la actual normativa aplicable en el tema energético está recogida en el Real Decreto 235/2013 de 5 de Abril modificado por el Real Decreto 564/2017 de 2 de Junio, donde se aprueba la certificación de la eficiencia energética de los edificios. Este documento es obligatorio por parte del promotor (casos de nueva construcción) o propietarios (edificios existentes, obra pública o edificios de >50 años). Este certificado indica las emisiones de CO<sub>2</sub>, el consumo de energía primaria (limitado en CTE HE0) y la demanda de energía (limitada en CTE HE1).

En este 2020 y conforme a las disposiciones transitorias del Real Decreto 732/2019, se aplica una nueva versión del DB-HE que será de aplicación obligatoria a las obras de nueva construcción y a las intervenciones en edificios existentes para las que, en ambos casos, se solicite licencia municipal de obras a partir del 24 de septiembre de 2020. Para aquellas para las que la licencia municipal de obras se solicite antes de esa fecha su aplicación es sólo voluntaria, pudiendo aplicarse también la versión anterior del documento. [Ministerio de Fomento, 2019]



INDICADORES ENERGÉTICOS PARA EL CERTIFICADO		
<b>EMISIONES DE Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub></b>	Se miden las <b>emisiones totales</b> en [kg.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .año]	Se miden las <b>emisiones de CO<sub>2</sub> para cada uso:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calefacción</li> <li>• Refrigeración</li> <li>• Producción ACS</li> <li>• Iluminación</li> </ul> 
<b>CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA</b> (limitado por CTE HE0)	Se miden los <b>consumos totales</b> en [kWh/m <sup>2</sup> .año] Y si provienen de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuentes renovables: Térmica - Fotovoltaica - Geotérmica - Biomasa</li> <li>• Fuentes no renovables</li> </ul> 	Se mide el <b>consumo de energía primaria para cada uso:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calefacción</li> <li>• Refrigeración</li> <li>• Producción ACS</li> <li>• Iluminación</li> </ul> 
<b>DEMANDA DE ENERGÍA</b> (limitado por CTE HE1)	Se valora el <b>aislamiento de la envolvente térmica</b> , transmitancia térmica [W/m <sup>2</sup> .K] de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerramientos opacos</li> <li>• Huecos y lucernarios</li> </ul> 	Se valoran las <b>necesidades de energía (Potencia y Rendimiento) para los usos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calefacción</li> <li>• Refrigeración</li> </ul> 
<b>OTROS ASPECTOS A CONSIDERAR</b>	<b>Tipo de edificación:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existente o nueva</li> </ul> <b>Uso:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Residencial (unifamiliar o en bloque)</li> <li>• Comercial (otros usos)</li> </ul>	* <b>Zona climática de invierno:</b> $\vartheta$ , A, B, C, D, E * <b>Zona climática de verano:</b> 1, 2, 3, 4  * Ver página 29

ESCALA DE CALIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EDIFICIOS DESTINADOS A:				
VIVIENDA		OTROS USOS		
Calificación de Eficiencia Energética del Edificio	Índices de Eficiencia Energética	Calificación de Eficiencia Energética del Edificio	Índices de Eficiencia Energética	
A	$C1 < 0,15$	A	$C < 0,40$	Los más eficientes
B	$0,15 \leq C1 < 0,50$	B	$0,40 \leq C < 0,65$	
C	$0,50 \leq C1 < 1,00$	C	$0,65 \leq C < 1,00$	
D	$1,00 \leq C1 < 1,75$	D	$1,00 \leq C < 1,3$	Los de eficiencia media
E	$C1 > 1,75$ y $C2 < 1,00$	E	$1,3 \leq C < 1,6$	
F	$C1 > 1,75$ y $1,00 \leq C2 < 1,5$	F	$1,6 \leq C < 2$	Los menos eficientes
G	$C1 > 1,75$ y $1,50 \leq C2$	G	$2 \leq C$	

Desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente).

3 Indicadores energéticos y escala de calificación de eficiencia energética. [Varios autores OVACEN, 2013]

### Algunos de los cambios que contemplan en el CTE son:

- Se actualiza la definición de Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo.
- Se revisan los valores mínimos de eficiencia energética.
- En cuanto al uso de energía procedente de fuentes renovables, se plantea un aporte del 50% del consumo de energía primaria en la situación límite de consumo de energía primaria total.
- Se propone la reducción de los consumos de energía final y primaria a través de los sistemas mecánicos: generadores de calefacción, refrigeración y ACS.
- Se plantean exigencias más duras para los casos de rehabilitación por zonas climáticas.
- Se elimina la obligatoriedad de utilizar fuentes de energía renovable concretas, tales como la solar térmica o la solar fotovoltaica
- Se mantiene como indicador principal de eficiencia energética el Consumo de energía primaria no renovable, pero se introduce un indicador complementario de necesidades energéticas: Consumo de energía primaria total, CEP total, que sustituye a los niveles de demanda límite de calefacción y refrigeración.
- Se introduce un nuevo parámetro: el coeficiente global límite de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (k), el cual fija valores de transmitancia térmica de la envolvente, control solar y permeabilidad al aire. Se exigirán valores K tanto para edificios de nueva construcción como para rehabilitación. [Interempresas. Modificaciones CTE]

## 2.2 CONTRIBUIR A UN DESARROLLO SOSTENIBLE

Contribuir a un desarrollo sostenible no sólo en la arquitectura, sino entendido como un estilo de vida, es saber compaginar de forma compatible los recursos que disponemos y la tecnología que está a nuestro alcance para rentabilizarlos. Por eso la combinación de todos los elementos representados en este diagrama de sostenibilidad lleva a un planteamiento de diseño de estilo Aktivhaus. La búsqueda de sostenibilidad desde la eficiencia en la construcción, la elección de la estructura y materiales junto con la idea de hacer lo más autosuficiente el edificio, hacen que la elección ecológica de incorporar recursos renovables sea la más coherente.

### EFICIENCIA

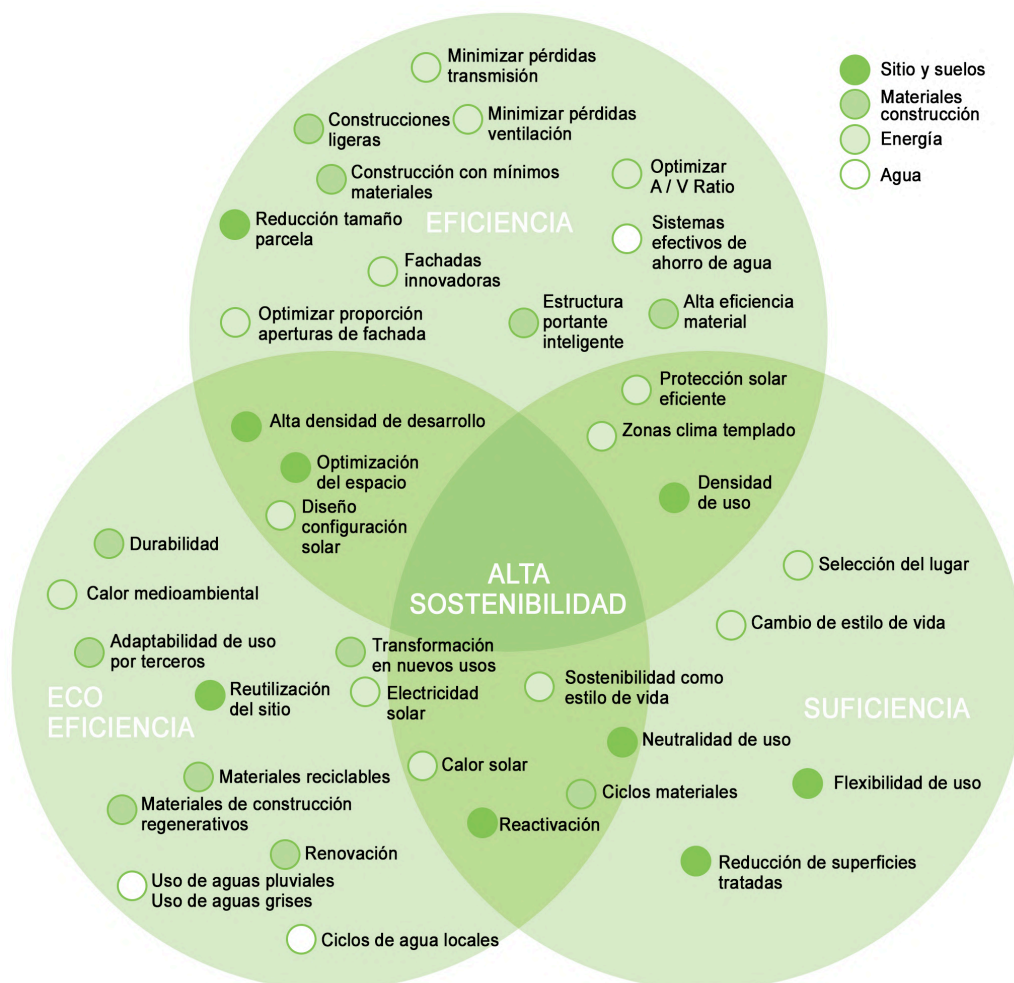
El concepto de Aktivhaus es para un edificio totalmente eficiente, en el que se pretende conseguir el máximo posible con un menor uso de los recursos que se conoce que son finitos, haciendo uso de la última tecnología. Ejemplos de construcciones con materiales altamente eficientes, elección de estructuras y envolventes en los que la tecnología aumenta su rendimiento.

### ECOEFICIENCIA

El uso de estos recursos han de ser ambientalmente compatibles, desde los materiales en la construcción como el uso de la energía lo más renovables posible para el funcionamiento de estas edificaciones. En ocasiones se ha de llegar a saber combinar decisiones de diseño a la hora de seleccionar materias primas renovables en la fase de construcción o de elección de soluciones tecnológicas que aporten energía de forma renovable.

### SUFICIENCIA

Este tercer punto cuestionará el grado, poniendo limite al excesivo consumo de los recursos, por una adecuación y suficiencia en construcción para resolver la necesidad de espacio. [Hegger, 2016]



4 Estrategias constructivas para conservar los recursos, mapa de sostenibilidad.

Imagen traducida de inglés. [Hegger et al., 2016:27]

### 3 ESTÁNDARES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

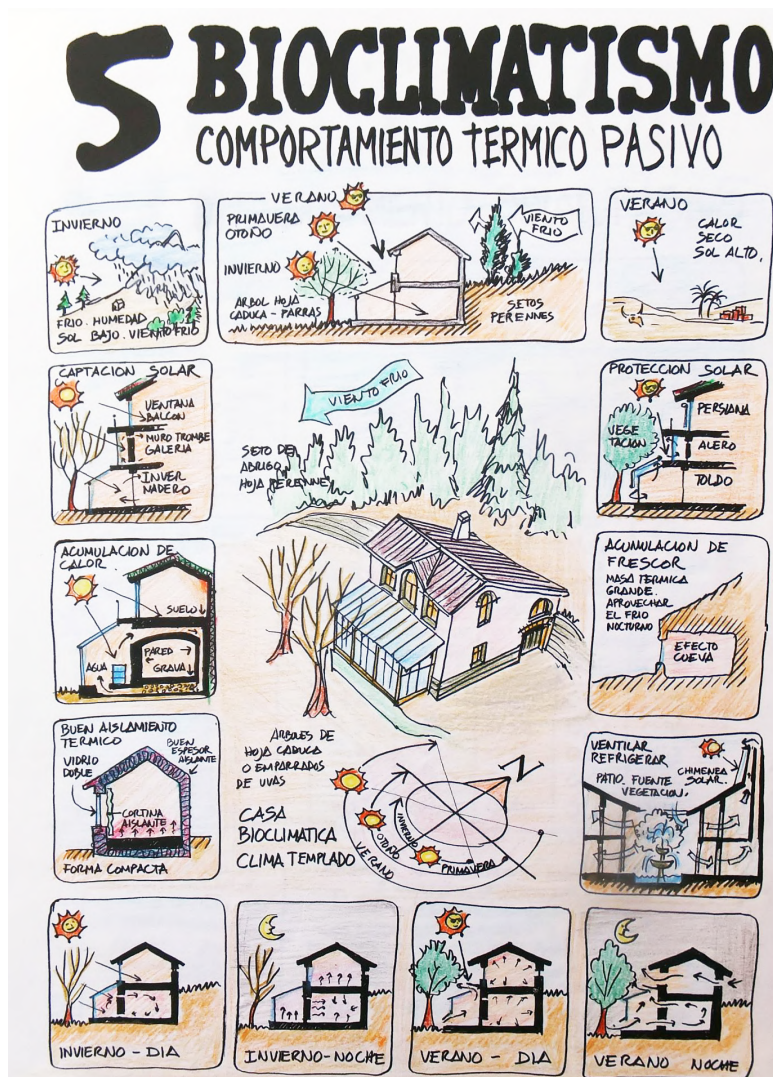
A continuación se presentan los estándares vigentes más utilizados y que muchos de ellos ya reconocemos en proyectos actuales. Todos ellos se enfocan en dar las directrices para diseñar lo más eficiente posible a largo plazo y promover el uso de energías renovables. Todos ellos son comparables entre sí hasta cierto punto, ya que difieren no sólo en los valores límite de sus categorías, sino también a menudo en sus principios y parámetros de cálculo. Por eso es muy difícil compararlos con proyectos fuera de sus fronteras nacionales. [Hegger et al., 2016]

La evolución se ve reflejada en cómo desde las primeras ideas ecológicas, bioclimáticas se van desarrollando en el campo cuantitativo varios de los parámetros, como mediciones de demanda energética, aporte por fuentes renovables y así van desarrollando los requisitos de cada una de sus certificaciones energéticas.

Se adjuntan ejemplos de estas certificaciones para mostrar casos de obra nueva y de rehabilitaciones, ya que en relativamente poco tiempo, los estándares de eficiencia energética se han ido desarrollando y han podido así clasificar, comparar y mejorar la búsqueda de una construcción eficiente.

#### 3.1 CASA BIOCLIMÁTICA

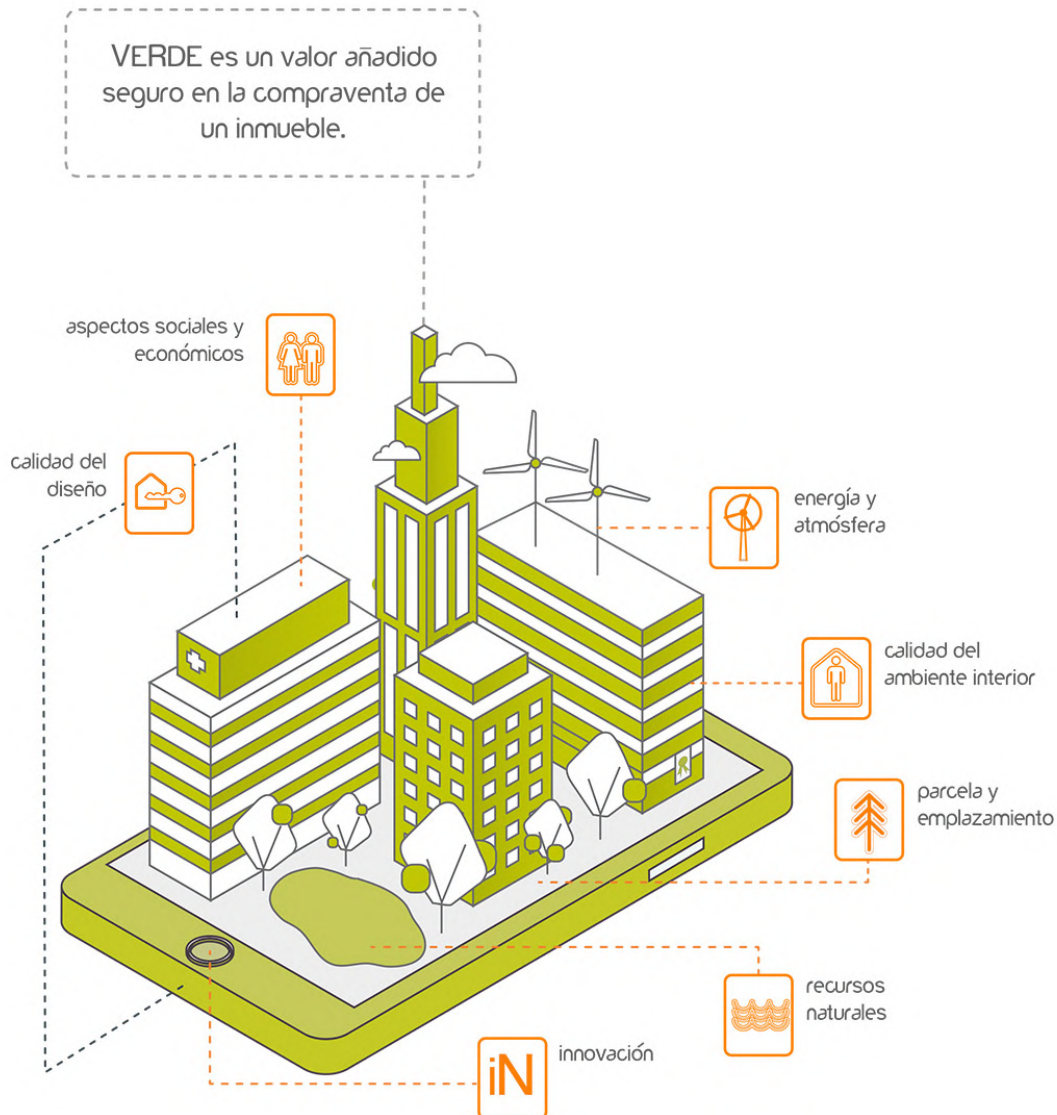
La arquitectura bioclimática utiliza el clima y los condicionantes del entorno para conseguir un confort térmico interior mediante un diseño estudiado, una geometría apropiada, un estudio de la mejor orientación y una construcción que se adapte a las condiciones climáticas donde se sitúa. Su respeto a la naturaleza le hace ser consciente de la huella que en ella dejará tal y como se ve en los esquemas y la definición del arquitecto Iñaki Urkia. "La bioconstrucción engloba todo el ciclo de la vivienda: desde el ahorro de energía tanto en su fabricación como en su utilización, hasta la reintegración en la tierra de los materiales una vez la casa se abandone." [Urkia, I., 2020]



5 Panel Divulgativo Arquitectura Bioclimática. [Urkia I., 2003]

### 3.2 VERDE\_GBCE

Certificado Verde emitido por GBCe que se basa en el análisis de ciclo de vida (ACV). Se basa en las 5 premisas: personas, como calidad de vida y bienestar; prosperidad, como desarrollo económico local y justo; planeta, como protección a nuestro entorno; paz, como concordia y armonía y pacto, como implicación y compromiso de todos para todos.

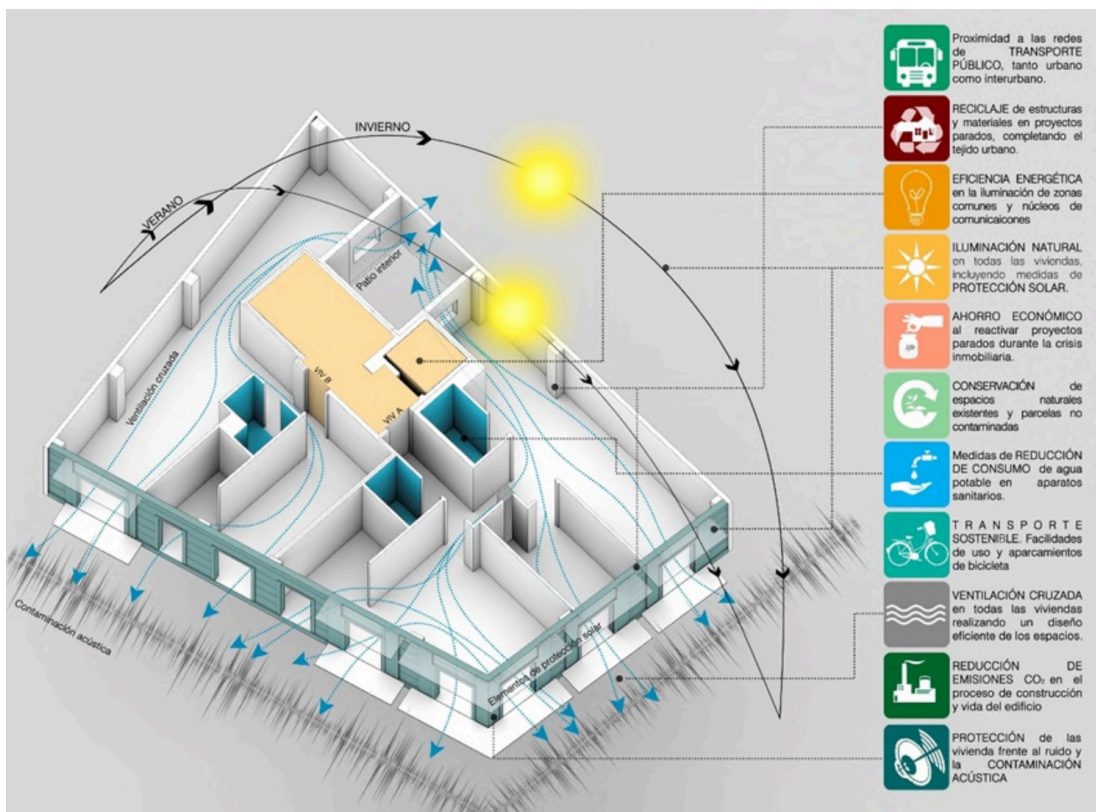
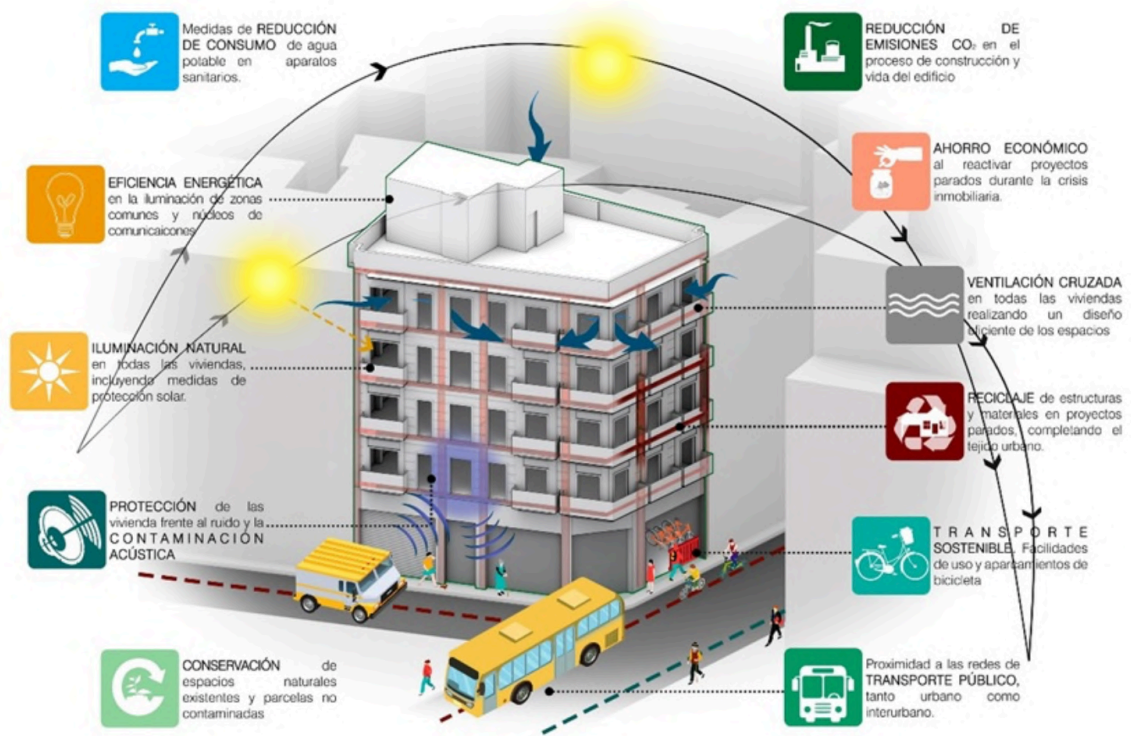


6 Esquema de principios de certificación VERDE. [GBCe]

### EDIFICIO PUERTA DE ALICANTE, ELCHE, ESPAÑA. 2018

“Una de las claves que han pesado más para obtener la certificación VERDE ha sido la apuesta por reutilizar una estructura construida en 2008, los años del boom inmobiliario y que había quedado abandonada durante la crisis económica. La fabricación y transporte de los materiales de construcción tienen un alto impacto en el medioambiente, por eso su reutilización es clave para mejorar la sostenibilidad de los edificios, al igual que reutilizar también su fachada sigue los mismos principios.

También se ha valorado desde el estudio de Diego Castaño, la implementación de medidas para fomentar el empleo de medios de transporte más sostenibles, la utilización de acabados interiores que reducen la toxicidad ambiente, la reducción del consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>, así como el diseño de la distribución de las viviendas para permitir la ventilación natural y el aprovechamiento de la iluminación solar. [GBCe]



7 Esquemas de las propuestas en el desarrollo del residencial Puerta de Alicante. [GBCe]

### 3.3 BREEAM



El quizás más utilizado en el mundo **BREEAM** (Bre Environmental Assessment Method) evalúa impactos en 10 Categorías (Gestión, Salud y Bienestar, Energía, Transporte, Agua, Materiales, Residuos, Uso del suelo y ecología, Contaminación, Innovación).

Cada una de las Categorías está a su vez dividida en Requisitos. Cada Requisito aspira a minimizar el impacto de una edificación nueva o rehabilitada en su entorno definiendo un objetivo de eficiencia medioambiental y unos criterios de evaluación que deben alcanzarse para confirmar y obtener dicho objetivo.

Los objetivos van más allá de los requisitos legales y representan las buenas prácticas actuales. Cuando se logra el objetivo, el Asesor asigna los puntos disponibles y determina la clasificación del edificio. [IPC-BREEAM Manual Técnico]

Categorías y Requisitos de BREEAM ES	
<b>Gestión</b>	<b>Agua</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Puesta en servicio</li> <li>◦ Impacto en la zona de obras</li> <li>◦ Guía del Usuario del Edificio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Consumo de agua</li> <li>◦ Detección de fugas importantes</li> <li>◦ Reutilización y reciclaje del agua</li> </ul>
<b>Salud y bienestar</b>	<b>Materiales</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Iluminación natural</li> <li>◦ Aislamiento acústico</li> <li>◦ Iluminación artificial</li> <li>◦ Espacio privado de la vivienda</li> <li>◦ Viviendas adaptables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Impacto de los materiales</li> <li>◦ Reutilización de materiales</li> <li>◦ Aprovisionamiento Responsable de Materiales</li> <li>◦ Diseño orientado a la protección contra el impacto</li> </ul>
<b>Energía</b>	<b>Residuos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Emisiones de CO<sub>2</sub></li> <li>◦ Tecnologías de cero o bajo carbono</li> <li>◦ Contadores auxiliares de energía</li> <li>◦ Sistemas de construcción energético-eficientes</li> <li>◦ Iluminación interna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Gestión de Residuos en la obra</li> <li>◦ Áridos reciclados</li> <li>◦ Almacenamiento de residuos</li> <li>◦ Compostaje de residuos</li> </ul>
<b>Transporte</b>	<b>Uso del suelo y ecología</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Conectividad de la red de transporte público</li> <li>◦ Cercanía a servicios</li> <li>◦ Oficina en casa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Selección del emplazamiento</li> <li>◦ Protección de elementos de valor ecológico</li> <li>◦ Mitigación / mejora del valor ecológico</li> <li>◦ Huella del edificio</li> </ul>
<b>Innovación</b>	<b>Contaminación</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Nuevas tecnologías, procesos y prácticas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Uso y fugas de refrigerante</li> <li>◦ Riesgo de inundación</li> <li>◦ Emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx)</li> <li>◦ Contaminación de cursos de agua</li> <li>◦ Reducción de la contaminación lumínica externa y contaminación acústica</li> </ul>

8 Tabla de requisitos principales en Categorías BREEAM ES Vivienda. Manual Técnico. [BREEAM ES]

Identificador y nombre, únicos de cada Requisito

Indica el nº total de puntos disponibles. Estos puntos pueden concederse si el edificio evaluado cumple con los criterios de

Refleja si hay estándares mínimos aplicables al Requisito. El apartado 4.3 del manual detalla los estándares mínimos específicos para cada Requisito.

NOx de

CONT 4

Emisiones de NOx de la fuente de calefacción

Nº de puntos

3

Requisitos Mínimos

	A	B	MB	E	EX
	-	-	-	-	-

**OBJETIVO DEL REQUISITO**

Fomentar que el sistema que suministre calor minimice las emisiones de NO<sub>x</sub> y por tanto reduzca la contaminación del ambiente local.

**CRITERIOS DEL REQUISITO**

Puntos	Criterio
1	Quando las evidencias demuestren que las <i>emisiones de NO<sub>x</sub></i> , en seco de la energía suministrada para la calefacción de viviendas y de los sistemas de ACS de cada vivienda sean ≤ 100 mg/kWh (a un exceso de O <sub>2</sub> del 0%)
2	Quando las evidencias demuestren que las <i>emisiones de NO<sub>x</sub></i> , en seco de la energía suministrada para la calefacción de viviendas y de los sistemas de ACS de cada vivienda sean ≤ 70 mg/kWh (a un exceso de O <sub>2</sub> del 0%)
3	Quando las evidencias demuestren que las <i>emisiones de NO<sub>x</sub></i> , en seco de la energía suministrada para la calefacción de viviendas y de los sistemas de ACS de cada vivienda sean ≤ 40 mg/kWh (a un exceso de O <sub>2</sub> del 0%)

**Nivel Ejemplar** Cuando las evidencias demuestren que la instalación destinada a satisfacer la demanda de calefacción de viviendas tiene cero *emisiones de NO<sub>x</sub>*, en seco para un exceso de O<sub>2</sub> del 0%.

**CRITERIOS DE EVALUACIÓN**

El cumplimiento se demuestra de la siguiente manera:

- Quando los datos del fabricante demuestren que los sistemas de ACS y suministro de calefacción de cada vivienda tienen unos niveles de *emisión de NO<sub>x</sub>*, en seco para un exceso de O<sub>2</sub> del 0% en concordancia con los niveles recogidos en la tabla que se muestra a continuación.

**Tabla 35: Concesión de puntos en función del nivel de NO<sub>x</sub> en seco**

Puntos	Nivel de NO <sub>x</sub> , en seco (mg/kWh)
1	100
2	70
3	40

CÓDIGO: PC-BREEAM-04-BREEAM VIVIENDA-Ed00/ES | 01 JUL 2011 | Página 353 de 440

9 Ejemplo de un Requisito BREEAM ES Vivienda. Manual Técnico. [BREEAM ES]

### 3.4 LEED



LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) es un sistema de certificación de edificios ecológicos reconocido internacionalmente, proporciona verificación de terceros de que un edificio o comunidad fue diseñado y construido utilizando estrategias destinadas a mejorar el funcionamiento en todos los parámetros que más importan: ahorro de energía, agua, eficiencia, reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, mejora de la calidad ambiental interior y administración de recursos y sensibilidad a sus impactos.

Desarrollado por el U.S. Green Building Council (USGBC), LEED proporciona a los propietarios y usuarios de edificios un breve esquema para identificar y poner en funcionamiento soluciones prácticas y cuantificables en el diseño, construcción y trabajos de mantenimiento de edificios ecológicos.

TABLE 1: Homes Project Checklist				
Y	T	N	Possible points	Exemplary Performance available?
<b>INTEGRATIVE PROCESS</b>				
		<b>Credit 1</b>	<b>Integrative Process</b>	2
			Option 1. Integrative Project Team	1
			Option 2. Design Charrette	1
			Option 3. Trades Training	1
<b>LOCATION AND TRANSPORTATION</b>				
		<b>Prereq 1</b>	<b>Floodplain Avoidance</b>	Required NA
<b>Performance Path</b>				
		<b>Credit 1</b>	<b>LEED for Neighborhood Development</b>	15 NA
<b>Prescriptive Path</b>				
		<b>Credit 2</b>	<b>Site Selection</b>	8 1
			Option 1. Sensitive Land Protection	4
			Path 1. Previously Developed	4
			Path 2. Avoidance of Sensitive Land	3
			Option 2. Infill Development	2
			Option 3. Open Space	1
			Option 4. Street Network	1
			Option 5. Bicycle Network and Storage	1
		<b>Credit 3</b>	<b>Compact Development</b>	3 1
		<b>Credit 4</b>	<b>Community Resources</b>	2 1
		<b>Credit 5</b>	<b>Access to Transit</b>	2 1
<b>SUSTAINABLE SITES</b>				
		<b>Prereq 1</b>	<b>Construction Activity Pollution Prevention</b>	Required NA
		<b>Prereq 2</b>	<b>No Invasive Plants</b>	Required NA
		<b>Credit 1</b>	<b>Heat Island Reduction</b>	2 1
			Option 1. Shading	2
			Option 2. Nonabsorptive Materials	2
		<b>Credit 2</b>	<b>Rainwater Management</b>	3 1
			Case 1. Low Impact Development	3
			Case 2. National Pollutant Discharge Elimination System Projects	3
		<b>Credit 3</b>	<b>Non-Toxic Pest Control</b>	2 1
<b>WATER EFFICIENCY</b>				
		<b>Prereq 1</b>	<b>Water Metering</b>	Required NA
<b>Performance Path</b>				
		<b>Credit 1</b>	<b>Total Water Use</b>	12 1
<b>Prescriptive Path</b>				
		<b>Credit 2</b>	<b>Indoor Water Use</b>	6 NA
		<b>Credit 3</b>	<b>Outdoor Water Use</b>	4 NA
<b>ENERGY AND ATMOSPHERE</b>				
		<b>Prereq 1</b>	<b>Minimum Energy Performance</b>	Required NA
		<b>Prereq 2</b>	<b>Energy Metering</b>	Required NA
		<b>Prereq 3</b>	<b>Education of the Homeowner, Tenant or Building Manager</b>	Required NA
<b>Performance Path</b>				
		<b>Credit 1</b>	<b>Annual Energy Use</b>	29 1
			Option 1. LEED Energy Budget	29
			Option 2. HERS Index with Home Size Adjuster	29

<b>INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY</b>				
		<b>Prereq 1</b>	<b>Ventilation</b>	Required NA
		<b>Prereq 2</b>	<b>Combustion Venting</b>	Required NA
		<b>Prereq 3</b>	<b>Garage Pollutant Protection</b>	Required NA
		<b>Prereq 4</b>	<b>Radon-Resistant Construction</b>	Required NA
		<b>Prereq 5</b>	<b>Air Filtering</b>	Required NA
		<b>Prereq 6</b>	<b>Environmental Tobacco Smoke</b>	Required NA
		<b>Prereq 7</b>	<b>Compartmentalization</b>	Required NA
		<b>Credit 1</b>	<b>Enhanced Ventilation</b>	3 NA
			Option 1. Enhanced Local Exhaust	1
			Option 2. Enhanced Whole-House Ventilation	2
		<b>Credit 2</b>	<b>Contaminant Control</b>	2 0.5
			Option 1. Walk-off Mats	0.5
			Option 2. Shoe Removal and Storage	0.5
			Option 3. Preoccupancy Flush	0.5
			Option 4. Air Testing	1
		<b>Credit 3</b>	<b>Balancing of Heating and Cooling Distribution Systems</b>	3 NA
			Case 1. Forced-Air Systems	3
			Option 1. Multiple Zones	1
			Option 2. Supply Air-Flow Testing	1
			Option 3. Pressure Balancing	1
			Case 2. Radiative Systems	2
			Option 1. Multiple Zones	1
			Option 2. Room-by-Room Controls	2
		<b>Credit 4</b>	<b>Enhanced Compartmentalization</b>	1 NA
		<b>Credit 5</b>	<b>Enhanced Combustion Venting</b>	2 NA
			Option 1. No Fireplace or Woodstove	2
			Option 2. Enhanced Combustion Venting Measures	1
		<b>Credit 6</b>	<b>Enhanced Garage Pollutant Protection</b>	2 NA
			Case 1. Single Family	2
			Option 1. Exhaust Fan in Garage	1
			Option 2. No Garage, or Detached Garage, or Carport	2
			Case 2. Multifamily	2
			Option 1. Exhaust Fan in Multicar Garage	1
			Option 2. Exhaust fan in Small Garage	1
			Option 3. No Garage, or Detached Garage	2
		<b>Credit 7</b>	<b>Low-Emitting Products</b>	3 NA

<b>Both Paths</b>				
		<b>Credit 2</b>	<b>Efficient Hot Water Distribution System</b>	5 NA
			Option 1. Efficient Hot Water Distribution	2
			Path 1. Maximum Allowable Pipe Length	2
			Path 2. Maximum Allowable Pipe Volume	2
			Option 2. Performance Test	3
			Case 1. Water heater or boiler with no circulation loop or heat traced pipe	3
			Case 2. Circulation loop or heat traced pipe	3
			Option 3. Pipe Insulation	2
		<b>Credit 3</b>	<b>Advanced Utility Tracking</b>	2 NA
			Option 1. Electric and Water	1
			Option 2. Third-Party Utility Reporting	1
		<b>Credit 4</b>	<b>Active Solar-Ready Design</b>	1 1
			Option 1. Photovoltaic-Ready Design	1
			Option 2. Solar Direct Hot Water- Ready Design	1
		<b>Credit 5</b>	<b>HVAC Start-Up Credentialing</b>	1 NA
<b>Prescriptive Path</b>				
		<b>Prereq 4</b>	<b>Home Size</b>	Required NA
		<b>Credit 6</b>	<b>Building Orientation for Passive Solar</b>	3 NA
		<b>Credit 7</b>	<b>Air Infiltration</b>	2 NA
		<b>Credit 8</b>	<b>Envelope Insulation</b>	2 NA
		<b>Credit 9</b>	<b>Windows</b>	3 NA
		<b>Credit 10</b>	<b>Space Heating &amp; Cooling Equipment</b>	4 NA
		<b>Credit 11</b>	<b>Heating &amp; Cooling Distribution Systems</b>	3 NA
			Case 1. Forced-Air System	3
			Option 1. Ductwork in Conditioned Space	3
			Option 2. Ductwork in Unconditioned Space	2
			Case 2. Hydronic System	3
		<b>Credit 12</b>	<b>Efficient Domestic Hot Water Equipment</b>	3 NA
		<b>Credit 13</b>	<b>Lighting</b>	2 NA
			Option 1. Indoor Lighting	1.5
			Option 2. Exterior Lighting	0.5
		<b>Credit 14</b>	<b>High-Efficiency Appliances</b>	2 NA
		<b>Credit 15</b>	<b>Renewable Energy</b>	4 1
<b>MATERIALS AND RESOURCES</b>				
		<b>Prereq 1</b>	<b>Certified Tropical Wood</b>	Required NA
		<b>Prereq 2</b>	<b>Durability Management</b>	Required NA
		<b>Credit 1</b>	<b>Durability Management Verification</b>	1 NA
		<b>Credit 2</b>	<b>Environmentally Preferable Products</b>	4 1
			Option 1. Local Production	1.5
			Option 2. Environmentally Preferable Products	4
		<b>Credit 3</b>	<b>Construction Waste Management</b>	3 1
		<b>Credit 4</b>	<b>Material-Efficient Framing</b>	2 1

<b>INNOVATION</b>				
		<b>Prereq 1</b>	<b>Preliminary Rating</b>	Required NA
		<b>Credit 1</b>	<b>Innovation</b>	5 NA
			Option 1. Innovation	1
			Option 2. Pilot	1
			Option 3. Additional Strategies	3
			Innovation	1
			Innovation	1
			Innovation	1
			Pilot	1
			Pilot	1
			Pilot	1
			Exemplary Performance:	1
			Exemplary Performance:	1
			Exemplary Performance:	1
		<b>Credit 2</b>	<b>LEED AP for Homes</b>	1 NA
<b>REGIONAL PRIORITY</b>				
		<b>Credit 1</b>	<b>Regional Priority: Specific Credit</b>	1 NA
		<b>Credit 2</b>	<b>Regional Priority: Specific Credit</b>	1 NA
		<b>Credit 3</b>	<b>Regional Priority: Specific Credit</b>	1 NA
		<b>Credit 4</b>	<b>Regional Priority: Specific Credit</b>	1 NA
<b>TOTAL</b>				
				<b>110</b>
Certified 40 to 49 points Silver 50 to 59 points Gold 60 to 79 points Platinum 80 to 110				
<b>POINT FLOORS</b>				
Projects must earn at least 8 points in the combined LE and EA sections Projects must earn at least 3 points in the IEQ section Projects must earn at least 3 points in the EQ section				

10 Tabla de control BD+C para certificado LEED proyecto de vivienda. [USGBC]



El estándar LEED es lo suficientemente flexible para aplicarse a todo tipos de edificios, tanto comerciales como residenciales. Funciona durante todo el ciclo de vida del edificio: diseño y construcción, trabajos de mantenimiento, equipamiento para el usuario y su acondicionamiento. LEED para el desarrollo de vecindarios, extiende sus beneficios más allá de la huella del edificio en el vecindario al que pertenece.

LEED proporciona un sistema de puntos para calificar el diseño y la construcción de edificios ecológicos. El sistema está organizado en cinco áreas básicas: Sitios Sostenibles, Eficiencia del Agua, Energía y Atmósfera, Materiales y Recursos y Calidad Ambiental Interior. Los edificios reciben puntos en función de la medida en que se logran diversas estrategias sostenibles. Cuantos más puntos se obtienen, mayor será el nivel de certificación alcanzado, siendo desde Certificado, Plata, Oro hasta Platino. [U.S. Green Building Council]

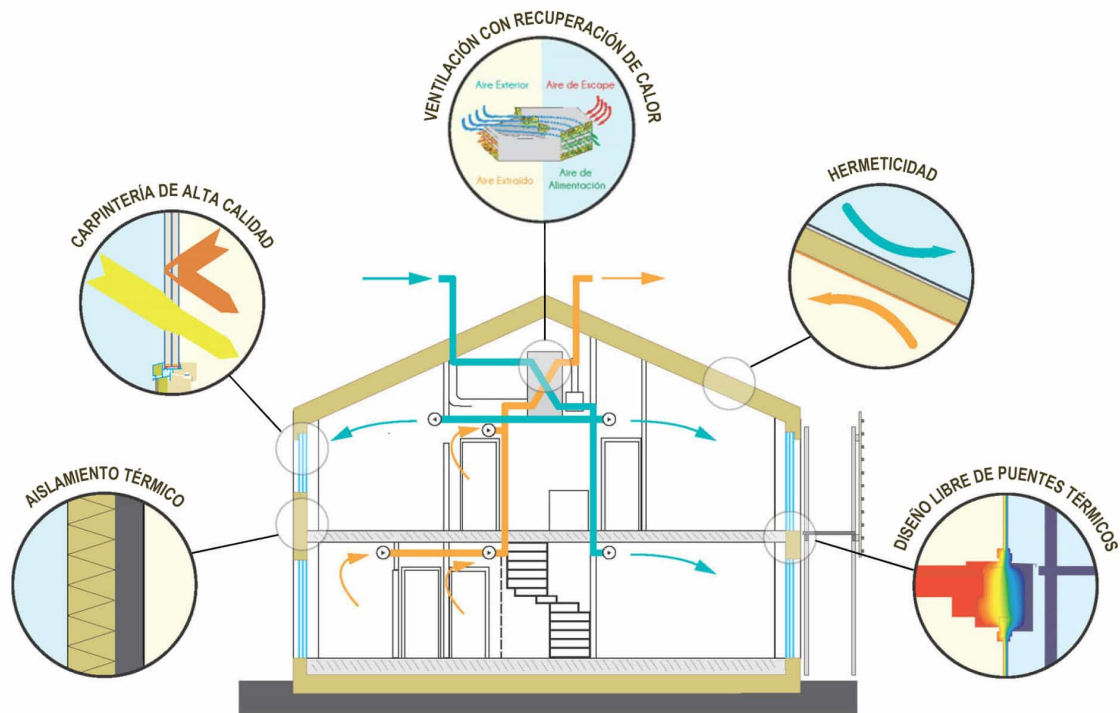
### 3.5 PASSIVHAUS\_PASSIVE HOUSE



Casa Pasiva

Estándar de rendimiento energético para viviendas, edificios comerciales, industriales y públicos fue desarrollado en Alemania a principios de la década de 1990 por los profesores Bo Adamson y Wolfgang Feist. Se centra en minimizar la demanda energética de los edificios, consiguiendo ahorros del 80%. Sus cinco principios son: aislamiento, hermeticidad, carpinterías de altas prestaciones, ventilación mecánica y ausencia de puentes térmicos.

La Casa Pasiva es un edificio diseñado para disfrutar de un gran confort interior. Ambiente cálido en invierno y fresco en verano, rigurosamente aislado acústicamente del exterior y con una gran pureza del aire interior, constantemente renovado.



11 Esquema construcción passivhaus. [Hausbec]

Para conseguir este confort las construcciones cuentan con un gran aislamiento térmico, un control riguroso de infiltraciones y una calidad del aire interior máxima, además de aprovechar la energía del sol para mejorar la climatización, reduce el consumo energético. La demanda energética es tan pequeña que es posible prescindir de los sistemas convencionales de calefacción.

Sus **principios esenciales** son:

- Gran aislamiento térmico
- Carpinterías y acristalamientos de la máxima calidad
- Aprovechamiento óptimo de la energía solar
- Riguroso control de infiltraciones de aire
- Minimizar puentes térmicos
- Sistema de ventilación controlada con recuperación de calor del aire de alta eficiencia.
- Cálculo con la herramienta PHPP


**Requisitos** para la certificación según el Passivhaus Institut de Darmstadt, Alemania.

Se cumple el estándar passivhaus si se consiguen todos los parámetros de los siguientes requisitos:

- Demanda máxima para calefacción de 15 kWh/m<sup>2</sup>a
- Demanda máxima para refrigeración de 15 kWh/m<sup>2</sup>a
- Para edificios con calefacción y refrigeración por aire, se acepta como alternativa también el conseguir una carga para frío y calor menor de 10 W/m<sup>2</sup>
- Un valor obtenido mediante el test de presurización "Blower Door" n50 < 0.6/h
- Un consumo de energía primaria para todos los sistemas (calefacción, refrigeración, ACS, electricidad, auxiliar...) no superior a 120 kWh/m<sup>2</sup>a
- Temperaturas superficiales interiores de la envolvente térmica en invierno >17°C
- Sobre calentamiento verano máx. 10% [Baupassivhaus]

PHPP es uno de los software de planificación en construcción que permite a los técnicos que certifican a ayudarles a diseñar edificios que ofrecen niveles máximos de comodidad y ahorro de energía.

### Passive House Verification



**Architecture:** e con  
Street: 402-510 Chesterfield Ave  
Postcode/City: BC V7M 2L9 Vancouver  
Province/Country: British Columbia CA-Canada

**Energy consultancy:**  
Street:  
Postcode/City:  
Province/Country:

Year of construction: 2016  
No. of dwelling units: 1  
No. of occupants: 3.1

**Building:** Traynor & Mayer Residence  
Street: 3839 Ontario Street  
Postcode/City: BC V5Y 2E8 Vancouver  
Province/Country: British Columbia CA-Canada  
Building type: Single-family house  
Climate data set: ud-01-CA0003d-Vancouver  
Climate zone: 3: Cool-temperate Altitude of location: 73 m

**Home owner / Client:** Traynor & Mayer Residence  
Street: 3839 Ontario Street  
Postcode/City: BC V5Y 2E8 Vancouver  
Province/Country: British Columbia CA-Canada

**Mechanical system:** Ryan Keogh, Zehnder  
Street: 540 Portsmouth Avenue  
Postcode/City: NH 03840 Greenland  
Province/Country: USA

**Certification:** Passive House Academy  
Street: Wicklow County Campus, Clermont House  
Postcode/City: A67 X566 Rathnew  
Province/Country: Wicklow IE-Ireland


Interior temperature winter [°C]:	20.0	Interior temp. summer [°C]:	25.0
Internal heat gains (IHG) heating case [W/m <sup>2</sup> ]:	2.3	IHG cooling case [W/m <sup>2</sup> ]:	2.4
Specific capacity [Wh/K per m <sup>2</sup> TFA]:	60	Mechanical cooling:	

Specific building characteristics with reference to the treated floor area		Criteria	Alternative criteria	Fulfilled? <sup>2</sup>
<b>Space heating</b>	Treated floor area m <sup>2</sup>	237.4		
	Heating demand kWh/(m <sup>2</sup> a)	15.45	≤ 15	yes
	Heating load W/m <sup>2</sup>	11.41	≤ - 10	yes
<b>Space cooling</b>	Cooling & dehum. demand kWh/(m <sup>2</sup> a)	-	≤ - -	-
	Cooling load W/m <sup>2</sup>	-	≤ - -	-
	Frequency of overheating (> 26 °C) %	5	≤ 10	yes
	Frequency excessively high humidity (> 12 g/kg) %	0	≤ 20	yes
<b>Airtightness</b>	Pressurization test result n <sub>50</sub> 1/h	0.3	≤ 0.6	yes
<b>Non-renewable Primary Energy (PE)</b>	PE demand kWh/(m <sup>2</sup> a)	56	≤ -	-
<b>Primary Energy Renewable (PER)</b>	PER demand kWh/(m <sup>2</sup> a)	24	≤ 60 60	yes
	Generation of renewable energy kWh/(m <sup>2</sup> a)	0	≥ - -	-

<sup>2</sup> Empty field: Data missing; -: No requirement

I confirm that the values given herein have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The PHPP calculations are attached to this verification.

Task: 2-Certifier First name: Tomas Surname: O'Leary  
Certificate ID: 18388\_MosArt\_PH\_20180622\_TOL Issued on: 18/06/18 City: Rathnew

Passive House Classic?  yes  
Signature: 

Project data imported from designPH 1.1.5 PHPP9 display.code: 788451490\_121015\_PHIDE\_en09

12 Ejemplo de Passive House Planning Package. Ficha técnica para certificación Passivhaus. [passive house]

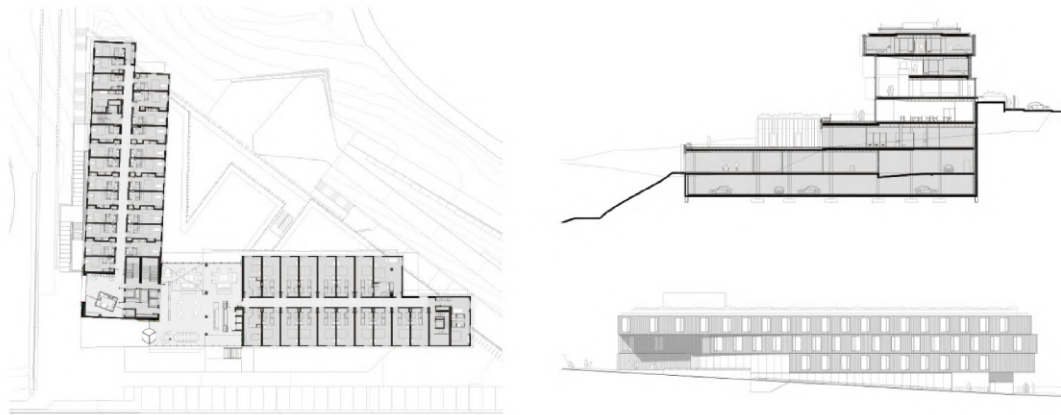
## HOTEL ARIMA, HOZ FONTÁN ARQUITECTOS Y LKS KREAN, DONOSTIA, ESPAÑA. 2018

Este proyecto busca una nueva forma de relacionarse con el parque de Miramón en la ciudad, creando relaciones entre éste, el edificio y el entorno urbano. El hotel tiene 14.000 m<sup>2</sup> y representa el hotel más grande del mundo con el estándar Passivhaus y se convierte en la referencia para cualquier edificación hotelera, sea de construcción nueva o bien de rehabilitación energética, en España.

Consigue soluciones pasivas como por ejemplo un alto aislamiento térmico (entre 14 cm y 16 cm en su envolvente térmica), ventanas con acristalamiento triple y perfiles de madera con una transmitancia térmica total U<sub>w</sub> de 1,1 W/m<sup>2</sup>k

El edificio ha conseguido reducir los gastos energéticos hasta los valores más exigentes a nivel internacional, coincidiendo con una demanda para calefacción de 7 kWh/m<sup>2</sup>a y otra de refrigeración de 6 kWh/m<sup>2</sup>a. Estos valores se sitúan con un factor 10 por debajo de consumos energéticos de hoteles convencionales, logrando así una autonomía energética muy alta en el edificio.

Se ha realizado especial cuidado en reducir las infiltraciones de aire, comprobándolas mediante un ensayo de Blowerdoor final de todo el edificio. El valor n50 conseguido ha sido 0,4 renovaciones hora.



13 Vistas del hotel Arima. Planta, sección y alzado. [COAVN]

Para garantizar una muy alta calidad del aire interior, se ha instalado un sistema de ventilación controlada con recuperación de calor, certificado con el sello Passivhaus. Este sistema de ventilación asegura además en verano un enfriamiento adicional mediante sondas de temperatura que activan por las noches el sistema de ventilación. De este modo se disipa el calor acumulado durante el día. Se trata de una solución independiente de los hábitos de los usuarios, ya que una ventilación natural cruzada en edificios con uso hotelero es difícilmente viable. Con estas medidas descritas, se asegura un muy alto confort térmico y acústico de las estancias interiores.



14 Hall y acceso terraza exterior. [PedroPegenaute]

En el proceso de auditoria de certificación, se han realizado ensayos acústicos en habitaciones tipo del hotel, para garantizar niveles acústicos inferiores a 30dbA, valor límite marcado por el estándar Passivhaus. [Energiehaus. Edificios Pasivos 2020]

Sus principales avances son unos altos requisitos para lograr la certificación estándar Passivhaus con sistemas Placo®. Construcción en detalles como la alta resistencia a impactos en áreas comunes y aislamiento acústico entre habitaciones y habitaciones con áreas comunes con sistemas Habito®, junto con una excelente precisión y detalle en cada ejecución con acabado Q4 con Placostic® Airless.

Las demandas de eficiencia energética, alto aislamiento acústico y beneficios de seguridad se cumplen con los diferentes sistemas Placo®. En techos con placas de yeso 4PRO® y acabado Placostic® Airless Q4 para un perfecto acabado del diseño basado en luz directa sobre el mismo. [GYPROC. Saint Gobain]

### 3.6 NEARLY ZERO-ENERGY\_NZEB

#### EDIFICIO DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO\_EECN



Una primera indicación sobre nZEB se introdujo en la Directiva de la UE en el año 2010 (Unión Europea, 2010, art.2): "un edificio que tiene un rendimiento energético muy alto... La cantidad de energía requerida casi cero o muy baja debe ser cubierto en gran medida por energía procedente de fuentes renovables, incluida la energía procedente de fuentes renovables producidas en el sitio o en sus cercanías". [Hegger, 2016]

Algunos de los criterios de la arquitectura bioclimática son totalmente adaptados al concepto de Nearly Zero Energy Building (nZEB):

El control de la radiación del sol y la exposición al viento según la situación del edificio, su orientación y su protección al sol para evitar sobrecalentamientos.

Minimizar las variaciones térmicas por los condicionantes climáticos gracias a su masa térmica de la construcción, que proporciona unas condiciones de confort interior y de igual forma reduce el consumo de energía.

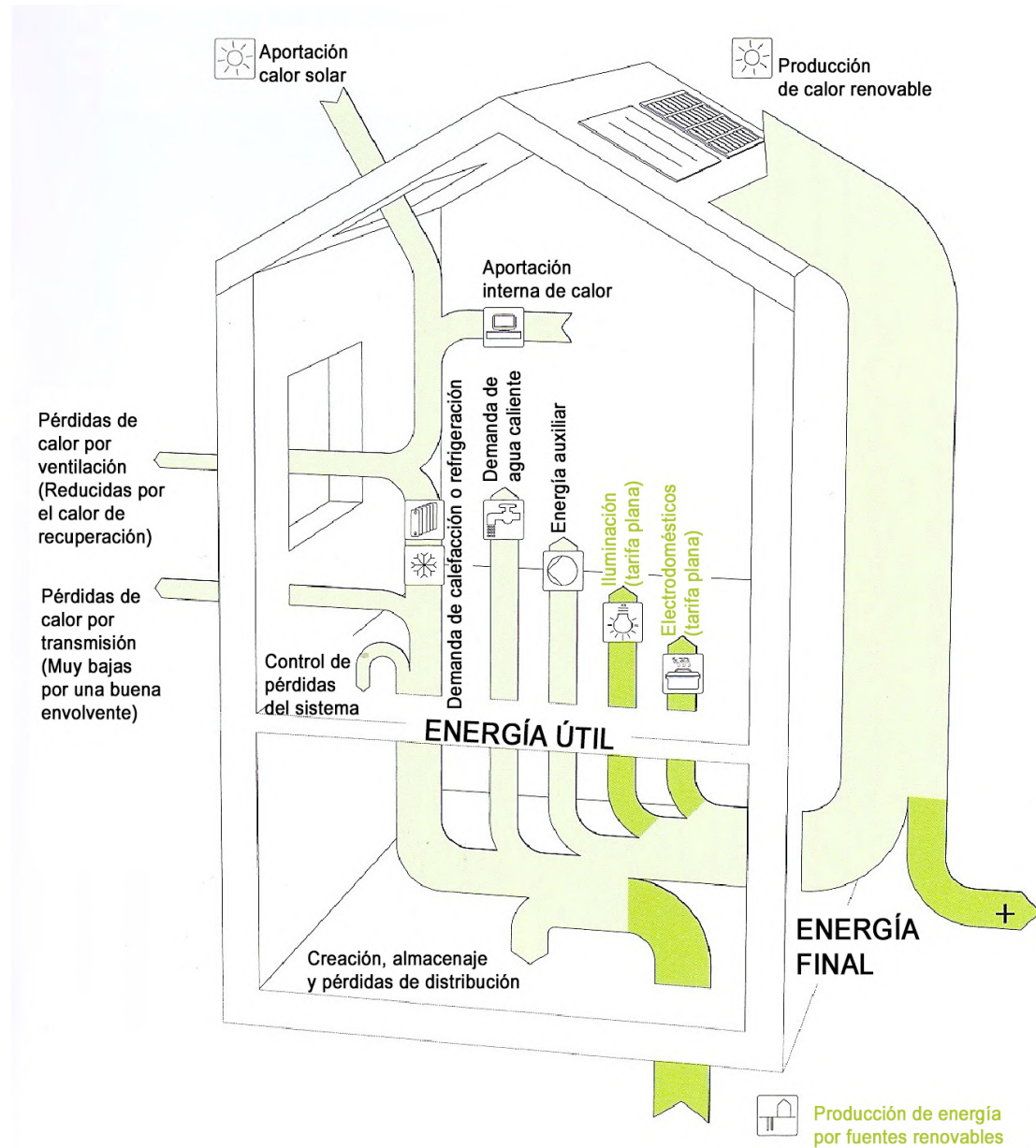
Todos estos objetivos llevan a una disminución de aporte energético y una mayor eficiencia energética, donde sistemas de calefacción y refrigeración deberán ser adaptados para su menor demanda y si la necesitaran que sea principalmente de fuentes renovables.

La aplicación del modelo nZEB según las Directivas de la EU que hizo obligatoria a partir del 31 de diciembre de 2018 para los nuevos edificios públicos y será igual para todos los edificios nuevos a finales de este año (31 de diciembre de 2020) [Unión Europea, 2010]

Haciendo una proyección de los precios y tecnologías del año 2020, en el 2016 la UE ya dio unos valores de referencia aplicables a la eficiencia energética de los EECN situan en las escalas siguiente según las diferentes zonas climáticas de la EU. Por ejemplo: España situada en zona mediterránea: Oficinas: 20-30 kWh/(m<sup>2</sup>/año) de energía primaria neta, con normalmente, un uso de energía primaria de 80-90 kWh/(m<sup>2</sup>/año) cubierto por 60 kWh/(m<sup>2</sup>/año) procedentes de fuentes renovables *in situ*. Vivienda unifamiliar nueva: 0-15 kWh/(m<sup>2</sup>/año) de energía primar neta, con normalmente, un uso de energía primaria 50-65 kWh/(m<sup>2</sup>/año) cubierto por 50 kWh/(m<sup>2</sup>/año) procedentes de fuentes renovables *in situ*. [Recomendación (UE) 2016/1318 Comisión 29 de julio 2016]

## 3.7 CASAS EFICIENTES PLUS\_PLUS ENERGY HOUSE\_CEP

Su definición sería algo así como, toda edificación autosuficiente en energía por su reducido uso de ella y la que produce en un año generada por fuentes renovables es mayor que la que importa de fuentes externas. El concepto de la casa Energy-Plus se basa en tres ideas: uso pasivo de la energía solar, tecnología de construcción de bajo consumo energéticamente eficiente y electrodomésticos y electrónica energéticamente eficientes.



15 Equilibrio de Energía en Efficiency House Plus. Imagen traducida de inglés. [Hegger 2016-47]

Se considera que se ha alcanzado el estándar Efficiency House Plus si un edificio tiene una demanda de energía primaria anual negativa  $\Sigma Q_p < 0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  y una demanda de energía final anual negativa  $\Sigma Q_e < 0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . También se deben cumplir todos los demás requisitos de la Ordenanza de Ahorro de Energía (EnEV), como los relativos a las medidas para mejorar el aislamiento térmico en verano. [Hegger, 2016]

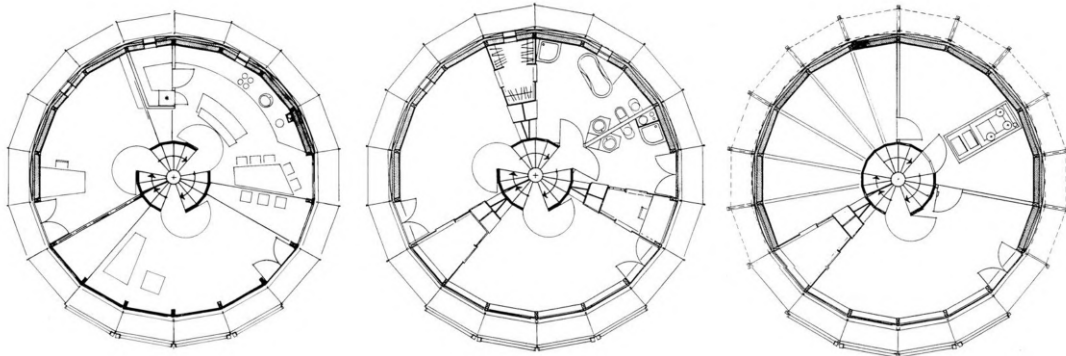
Se utilizó por primera vez en 1994 por Rolf Disch cuando construía su residencia privada, el Heliotropo, como la primera casa PlusEnergy del mundo. Disch fue evolucionando los conceptos relacionados en varios proyectos más, construidos por su empresa Rolf Disch Solar Architecture para así promover PlusEnergy no sólo en espacios residenciales también comerciales y minoristas.

R. Disch mantiene que PlusEnergy no es sólo un método de producción de viviendas ecológicas, sino también un concepto arquitectónico y ecológico integrado. Por eso, PlusEnergy está destinado a mejorar los diseños de baja energía o energía cero como los de Passivhaus.

## HELIOTROP, ROLF DISCH, FREIBURG, ALEMANIA. 1994

Heliotrop es una casa solar que ha ayudado al desarrollo de Sonnenschiff y a la industria solar alemana en lo que es hoy. Esta increíble casa fue diseñada y desarrollada por el arquitecto Rolf Disch en 1994. Lo mágico ocurre en su capacidad de girar y orientarse al sol, independientemente de la posición de éste.

La idea principal del proyecto es aprovechar al máximo la energía inagotable del sol. El propio arquitecto se llama a sí mismo un arquitecto solar. Heliotrop utiliza la radiación solar para fines diferentes, el edificio es como un experimento de campo ya que por ejemplo existen diferentes tipos de calefacción que trabajan en paralelo.



16 Vistas exteriores de localización en el barrio. Vista alzado. Interior escalera y concentración instalaciones. Planta primera zona de día, segunda planta dormitorios y tercera planta. [Rolf Disch]

El edificio cilíndrico está montado sobre un tubo giratorio de acero de 14m. El edificio consta de tres partes principales: la parte inferior está anclada en la base de hormigón armado donde se alojan los equipos técnicos para el almacenamiento mecánico y energético. La parte central del tubo vertical de conexión, que sirve para girar el eje de rotación de los niveles superiores. Conecta el área técnica subterránea con los planos de forjado hasta la azotea. Los pisos están hechos de un marco de madera que se fijan al eje central. Básicamente, todas las bandas verticales agrupan el sistema de distribución del calor en toda la casa.

El núcleo cilíndrico funciona a su vez como un gran perno, alrededor del cual se desarrolla el espacio residencial y de oficinas. La casa, dispuesta con un encuadre concéntrico está dividida en 18 partes iguales. Los segmentos individuales del espacio se atornillan con una diferencia de altura de 90 cm en forma de espiral alrededor del centro hacia arriba. Forman, como una escalera de caracol externa, un espacio continuo tridimensional. Se accede a cada habitación directamente desde el núcleo de escaleras. Heliotrop está rodeado por un balcón panorámico cilíndrico, que al igual que los propios segmentos va aumentando gradualmente. El nivel superior está reservado para la electricidad. Para ello, se instaló un sistema fotovoltaico en la azotea, que también rastrea el sol. Esto proporciona cinco veces más energía de la que el edificio puede consumir en el mismo período. El exceso de electricidad se inyecta a la red.

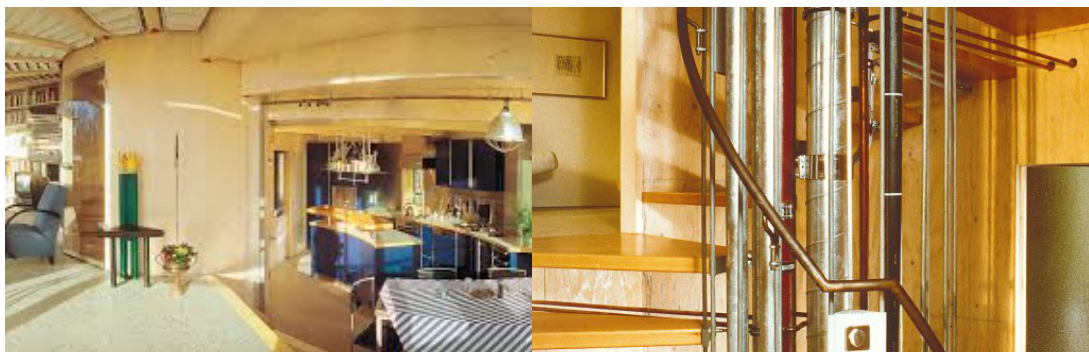


17 Sección. Vista del cilindro interior con el sistema de rotación. [Rolf Disch]



18 Detalle durante la construcción de la cimentación del núcleo giratorio. [bubblemania.fr]

La estructura se puede incluir dentro de los tabiques, lo que permite la libertad de diseño del interior. En un caso extremo, la planta del edificio puede vaciarse por completo. Las habitaciones son calefactadas por el sol gracias a su elevación. El calor se acumula en el interior del edificio gracias a unos colectores que reciben la energía de unos paneles colocados en tres de sus ventanas exteriores con intercambiadores de calor. Además de que un sistema de tuberías exteriores en toda la fachada actúan de colectores térmicos para la calefacción y el agua caliente. En los días soleados, en el edificio se produce seis veces más electricidad de lo que consume el edificio.



19 Vista interior de cocina y comedor. Detalle núcleo de escalera con instalaciones. [bubblemania.fr]



20 Detalle de los colectores térmicos en fachada. Vista del núcleo de instalaciones y escalera. [Rolf Disch]

También tiene algunas soluciones técnicas que resuelven el uso racional del agua. El agua de lluvia se recoge en un recipiente especial que se utiliza para lavar los platos y la ropa. La casa tiene su propia planta de tratamiento de aguas residuales. Los desechos del inodoro se convierten en abono y se mezcla con las tierras del jardín para producir abono.

La construcción de una casa como el Heliotrop asciende entre 1,5 y 2 millones de euros. Por este precio resultaría imposible que fuera una tendencia en ese momento, pero quizás los conceptos y algunos de los otros proyectos del autor han demostrado que no existe ninguna contradicción entre las tecnologías ambientales y la libre evolución de la arquitectura. Es más, la combinación de innovación funcional, técnica y estética en la creación arquitectónica da un nuevo estilo formal de arquitectura. [Arquitectura Customizada. WordPress]

#### VIV.UNIFAMILIARES ENERGÉTICAMENTE AUTOSUFICIENTES FREIBERG, ALEMANIA. 2013

Un ejemplo de la búsqueda de la independencia total de la red pública eléctrica o combustibles fósiles son estos dos hogares en Freiberg, uno como vivienda familiar de cinco miembros y el otro con uso de oficina. En ellos se coordina el uso de la energía solar destinada a calefacción y electricidad con un diseño de altas capacidades de almacenamiento térmico. Su concepto a la hora de diseñarlas fue el de Casa Solar *Sonnenhaus* gracias a colectores solares térmicos y tanques de almacenaje de calor, la energía generada por el sistema fotovoltaico se reserva en baterías para uso del edificio o vehículos eléctricos. [Timo Leukefeld y Stephan Riedel]

Para evaluar y equilibrar ese intercambio energético y calorífico minucioso y recopilar los mayores datos posibles para optimizar al máximo, se ha instalado una amplia tecnología de medidores de calor, sensores de temperatura y humedad, medidores de electro energía, termómetros de resistencia PT100, etc.

Según su concepto constructivo su orientación y grandes aperturas son hacia el Sur y la construcción de su envolvente térmica es como un elemento monolítico de paredes de ladrillo macizo con yeso en su interior y revestimiento exterior sin aislamiento añadido. Así la transmisión de calor a las estancias utiliza sistemas termo activos y el suelo funciona como disipador de calor.

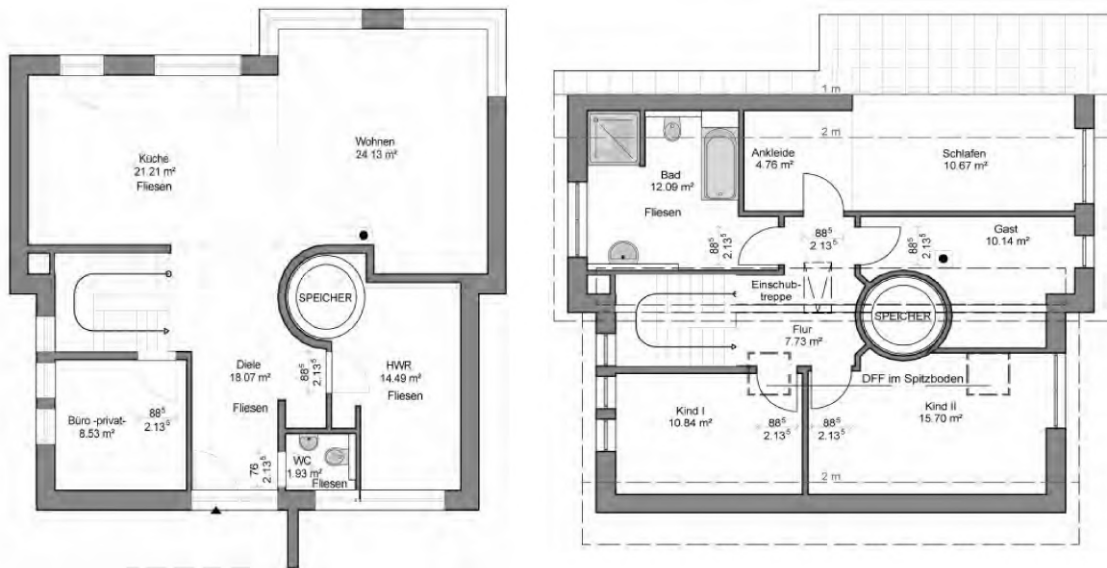


21 a) Colectores integrado en cubierta solar térmica. b) Placas Fotovoltaicas.  
c) Acumulador térmico de almacenaje prolongado. d) Batería de almacenaje exterior.



### 3 ESTÁNDARES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Su fuente de alimentación energética se basa en un sistema fotovoltaico de 46 m<sup>2</sup> de 8.4 kWp y una unidad de almacenamiento de batería plomo-gel 58 kWh, que le permite cubrir al menos un 65% del requerimiento anual de energía primaria. En los casos de etapas de baja energía solar existe la conexión a la red eléctrica pública para asegurar el suministro aunque sea prácticamente autosuficiente.



22 Planta Baja y primer piso. [HELMA Eigenheimbau AG]

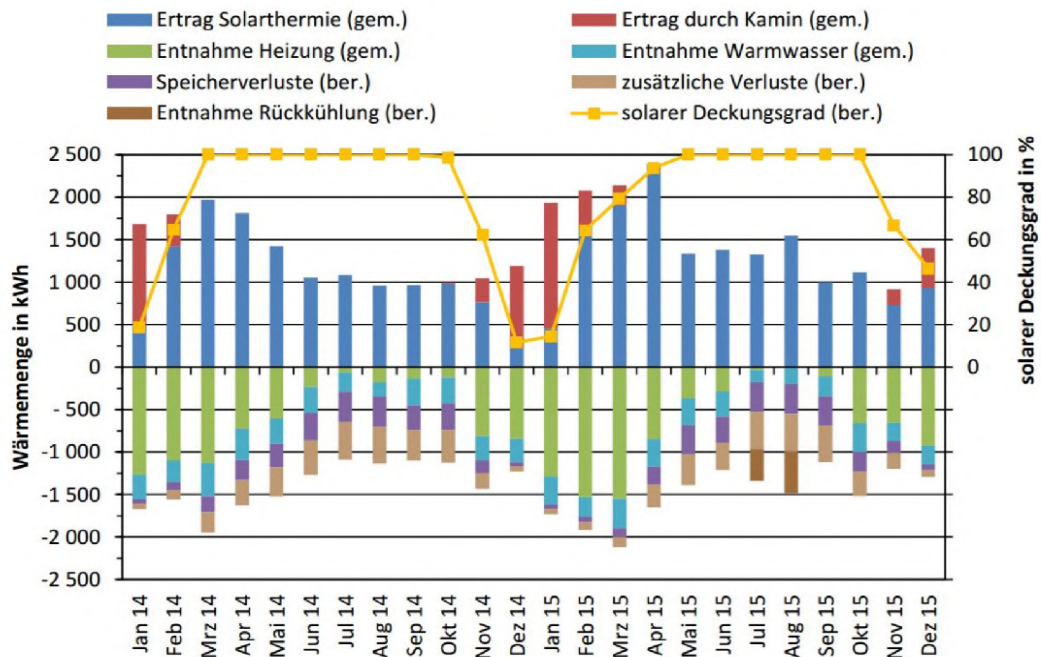


23 Muros de ladrillo macizo de inercia térmica y estructura de madera en el tejado.

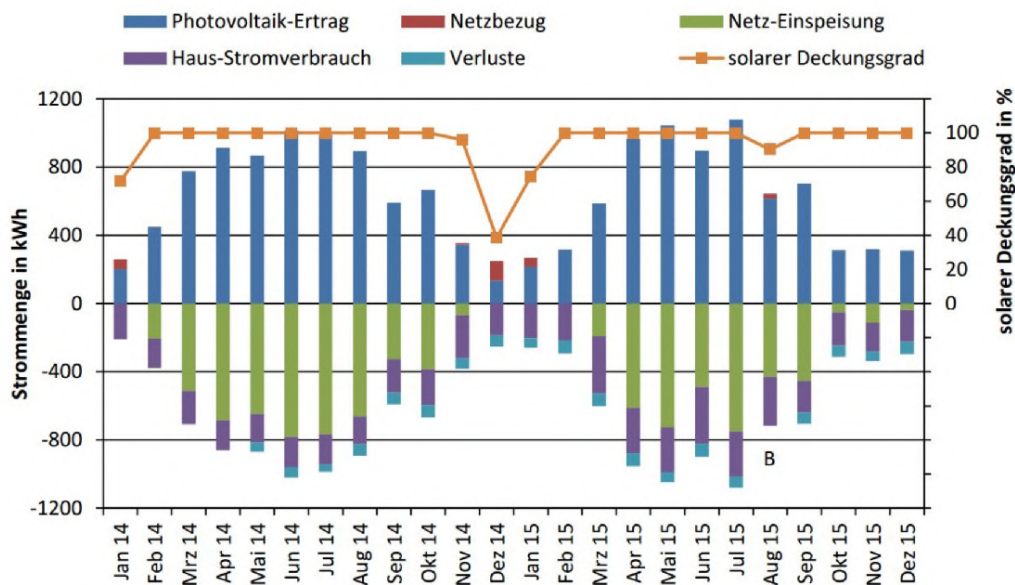
Interior de la zona de comedor-cocina. Estufa de leña refrigerada con agua.[HELMA Eigenheimbau AG]

“El análisis de los datos muestra niveles muy altos de cobertura solar en el transcurso de dos años. En el caso del suministro de electricidad, esto representó aproximadamente el 92% (2014) y el 97-98% (2015) para ambos perfiles de uso, aunque no cumplieron completamente con el objetivo de lograr la independencia de la red eléctrica pública. En términos de provisión de calefacción, la participación solar del suministro de calor fue de aproximadamente el 71% (2014) y el 72-73% (2015). Aquí se superó claramente el objetivo de más del 65%.

El concepto de construcción se desarrolló conjuntamente con la empresa de construcción prefabricada HELMA Eigenheimbau AG, y ahora se comercializa como una casa lista para construir llamada "Casa autosuficiente en energía".



24 Balance de calor para el edificio residencial y la cobertura solar térmica para el período 2014 y 2015. El almacenamiento y la extracción de calor del tanque de almacenamiento de calor es equilibrado, diferenciado según la fuente y el uso. La contribución realizada por la calefacción adicional durante los meses de invierno se puede ver claramente. [© TU Bergakademie Freiberg, IWTT]



25 Balance de electricidad para el edificio residencial y la cobertura solar eléctrica para el período 2014 y 2015. En agosto de 2015, la electricidad se extrajo de la red eléctrica debido a los trabajos de mantenimiento que se realizan en la batería (B). [© TU Bergakademie Freiberg, IWTT]

## 3.8 ACTIVE HOUSE

El Active House Standar fue definido en 2011 por un grupo interdisciplinar de técnicos con una misma visión, la de dar un enfoque global para el diseño de edificios eficientes. Desde entonces, los principios y especificaciones se han aplicado a numerosos tipos de edificios: residenciales unifamiliares y apartamentos, viviendas sociales, oficinas, escuelas y más. Se han llevado a cabo proyectos en varias zonas climáticas y abarcan tanto nuevas construcciones como rehabilitaciones. Los primeros 30 proyectos demostraron tras su seguimiento que los resultados y las experiencias probados por los usuarios reales revelaron los muchos efectos positivos de adherirse a los principios, creando hogares que son eficientes y muy cómodos en todas las estaciones y para diversidad de usos.

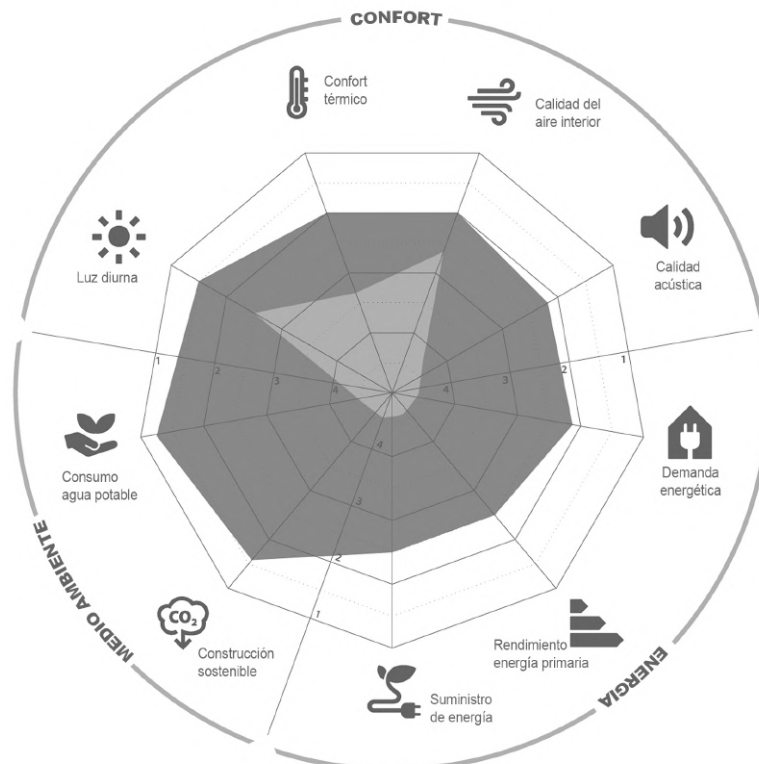
La etiqueta Active House se lanzó en 2016 y se formó a los técnicos certificadores para educar y guiar a los constructores y diseñadores con la ambición de crear edificios que sean saludables para las personas y el planeta.

Las herramientas de cálculo, el radar y la clasificación de Active House se utilizan para describir y comunicar las funciones de proyectos específicos. Incluye la posibilidad de calcular el proyecto específico y crear un radar de referencia, que puede ser el requisito legislativo nacional, una referencia de otros proyectos o los valores obtenidos por el seguimiento.

Los edificios Active House son sostenibles y deben diseñarse de manera que sean accesibles para todos y de forma rentable, reduciendo costos estableciendo condiciones desde las primeras etapas del proyecto reducir el riesgo de costes inesperados en una etapa más cercana a la finalización del proyecto.

Los resultados de las casas activas se basan en cálculos que incluyen valores predefinidos y expectativas de comportamiento humano. Hay que llevar un adecuado seguimiento de todas las fases del proyecto para que se cumplan todos los condicionantes iniciales. Los datos obtenidos mediante el seguimiento se pueden insertar en modelos de cálculo y "Active House Radar".

La evaluación de una Casa Activa se basa en los nueve parámetros cuantitativos mencionados, cada uno dividido en cuatro niveles de funcionamiento (1 a 4), donde 1 representa la realización más alta. Cada parámetro se calcula de acuerdo con las Especificaciones de Active House, y estas pautas ofrecen orientación conceptual / ayuda sobre cómo alcanzar el nivel de rendimiento alto o más alto.



26 Diagrama RADAR con las nueve especificaciones del Standar Active House. Imagen traducida de inglés.

[activehouse]

Una Casa Activa no es una combinación preestablecida de tecnologías, materiales o formas. Puede presentarse en muchas formas, tipologías o funciones diferentes. Este es uno de los atractivos de la visión de Active House para muchos diseñadores: en lugar de seguir un conjunto fijo de pasos, se les invita a proponer sus propias soluciones, combinaciones o innovaciones.

Debido a que existen tantas diferencias entre los edificios, no es realista compararlos con los mismos criterios en los mismos niveles. Algunos edificios tienen un fuerte énfasis en la eficiencia energética, otros se enfocan más en el clima interior o en tener una huella ambiental baja. Esto puede resultar en diferencias en las puntuaciones de los nueve criterios expresados en el diagrama de Active House Radar. Todos los edificios pueden ser Casas Activas, si en conjunto ofrecen un buen rendimiento. El énfasis en los criterios puede variar, pero siempre que la puntuación media de los nueve criterios sea igual o inferior a 2,5 para las nuevas construcciones (la renovación o los edificios existentes deben puntuar al menos una media de 3,5), el edificio puede llamarse a sí mismo un activo. Casa.

$$\text{Puntuación General ActiveHouse} = \frac{\text{Sumatorio del total de puntuaciones de los 9 parámetros ActiveHouse}}{9} \leq 2,5$$

Los tres **principios clave** de Active House son la comodidad, la energía y el medio ambiente.

- La comodidad se representa proporcionando de forma responsable con el medioambiente un clima interior que promueve la salud y la sensación de bienestar. Se garantiza una buena calidad del aire interior, una iluminación natural idónea, un clima térmico adecuado y niveles de iluminación adecuados y confort acústico. Todo ello de forma fácil de controlar por sus ocupantes.
- El ahorro de energía que ha de provenir de fuentes renovables integradas en el diseño, y fáciles de operar por los usuarios.
- El edificio ejerce el mínimo impacto al medio ambiente evitando daños ecológicos al construirse con materiales reciclados y reutilizables.

Criterios cuantitativos para el criterio de COMODIDAD:

Luz diurna	Confort Térmico	Calidad del aire interior
<p>Disponibilidad de luz diurna.</p> <p>Como mínimo una de las habitaciones habitables principales, la provisión de luz solar debe estar disponible entre el equinoccio de otoño y primavera:</p> <p>1 Al menos el 10% de las horas probables de luz solar.</p> <p>2 Al menos el 7.5% de las horas probables de luz solar.</p> <p>3 Al menos el 5% de las horas probables de luz solar.</p> <p>4 Al menos el 2.5% de las horas probables de luz solar.</p>	<p>Los límites mínimos de temperatura interior se aplican en períodos con una temperatura exterior de 12°C o menos. Para salas de estar, cocina, salas de estudio, dormitorios en viviendas.</p> <p>Las temperaturas mínimas operativas son:</p> <p>1 <math>T_o &gt; 21^\circ\text{C}</math></p> <p>2 <math>T_o &gt; 20^\circ\text{C}</math></p> <p>3 <math>T_o &gt; 19^\circ\text{C}</math></p> <p>4 <math>T_o &gt; 18^\circ\text{C}</math></p>	<p>El suministro de aire fresco se establecerá de acuerdo con los valores límite siguientes para la concentración de dióxido de carbono en interiores en salas de estar, dormitorios, salas de estudio y otras habitaciones con personas como fuente dominante y que estén ocupadas durante períodos prolongados:</p> <p>1 500 ppm por encima de la concentración de dióxido de carbono al aire libre</p> <p>2 750 ppm por encima de la concentración de dióxido de carbono al aire libre</p> <p>3 1000 ppm por encima de la concentración de dióxido de carbono al aire libre</p> <p>4 1200 ppm por encima de la concentración de dióxido de carbono al aire libre</p>

Criterios cuantitativos para el criterio de ENERGIA:

Demanda energética	Suministro de energía renovable	Rendimiento energía primaria
Demanda anual de energía	Origen del suministro de energía	Rendimiento energía primaria anual
1 $\leq 40 \text{ kWh/m}^2$	1 El 100% o más de la energía utilizada en el edificio se produce en la parcela o en un sistema cercano.	1 $< 0 \text{ kWh/m}^2$ para el edificio
2 $\leq 60 \text{ kWh/m}^2$	2 $\geq 75\%$ o más de la energía utilizada en el edificio se produce en la parcela o en un sistema cercano.	2 $0 - 15 \text{ kWh/m}^2$ para el edificio
3 $\leq 80 \text{ kWh/m}^2$	3 $\geq 50\%$ o más de la energía utilizada en el edificio se produce en la parcela o en un sistema cercano.	3 $15 - 30 \text{ kWh/m}^2$ para el edificio
4 $\leq 120 \text{ kWh/m}^2$	4 $\geq 25\%$ o más de la energía utilizada en el edificio se produce en la parcela o en un sistema cercano.	4 $\geq 30 \text{ kWh/m}^2$ para el edificio

Criterios cuantitativos para el criterio de MEDIO AMBIENTE:

Carga ambiental	Consumo de agua potable	Construcción sostenible
Demanda anual de energía	Origen del suministro de energía	Rendimiento energético primario anual
1 $\leq 40 \text{ kWh/m}^2$	1 El 100% o más de la energía utilizada en el edificio se produce en la parcela o en un sistema cercano.	1 $< 0 \text{ kWh/m}^2$ para el edificio
2 $\leq 60 \text{ kWh/m}^2$	2 $\geq 75\%$ o más de la energía utilizada en el edificio se produce en la parcela o en un sistema cercano.	2 $0 - 15 \text{ kWh/m}^2$ para el edificio
3 $\leq 80 \text{ kWh/m}^2$	3 $\geq 50\%$ o más de la energía utilizada en el edificio se produce en la parcela o en un sistema cercano.	3 $15 - 30 \text{ kWh/m}^2$ para el edificio
4 $\leq 120 \text{ kWh/m}^2$	4 $\geq 25\%$ o más de la energía utilizada en el edificio se produce en la parcela o en un sistema cercano.	4 $\geq 30 \text{ kWh/m}^2$ para el edificio

### 3.9 CASA CLIMA



La etiqueta de construcción Casa Clima (en inglés, ClimateHouse) se estableció en 2002 en la provincia del Tiro del Sur como parte de un programa de trabajo sobre edificios energéticamente eficientes en la parte de habla alemana de Italia. La Agencia Casa Clima se fundó en la provincia autónoma de Bolzano en 2006. Este organismo de certificación público e independiente, no involucrado en el proceso de construcción, es responsable de las publicaciones y el posterior desarrollo y certificación de la normativa. El certificado energético Casa Clima es un documento que certifica las características energéticas, la sostenibilidad y la calidad de un edificio, en línea con la Directiva del Parlamento Europeo sobre el rendimiento energético de los edificios (2010/31 / UE). [Hegger, 2016]

La unidad estándar de medida es la superficie bruta del suelo calefaccionado: la suma de las áreas climatizadas en cada piso. Además de los requisitos cualitativos, una casa Casa Clima debe satisfacer demandas adicionales. El diseño debe garantizar una forma compacta, una envolvente del edificio con muy buen aislamiento térmico y hermeticidad, el uso pasivo de la energía solar y sistemas de servicios de construcción optimizados. Tener en cuenta estos parámetros en el diseño y garantizar una construcción cuidadosa proporciona una buena base para un edificio eficiente.

En principio, hay tres clases diferentes de edificios Casa Clima, que se basan en su demanda de energía (calefacción y agua caliente):

- **Casa Clima B** (casa de 5 litros): demanda de energía de calefacción  $< 50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- **Casa Clima A** (3 casa de 1 litro): demanda de energía de calefacción  $< 30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- **Casa Clima Gold** (casa de 1 litro): demanda de energía de calefacción  $< 10 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Las clases de Casa Clima te permiten identificar el grado de consumo energético de un edificio. Las clases van desde la **Casa Clima Gold** (la de mayor rendimiento) hasta la clase **Casa Clima C** (típica de renovación). Las clases también continúan para edificios existentes hasta la **clase G**. [AgenziaCasaClima]

La iniciativa Casa Clima ha establecido una etiquetas adicionales, como **Casa Clima Nature**, también la **Casa Clima R** para edificios ya existentes. Casa Clima Nature va más allá de la consideración de energía únicamente para incluir el uso cuidadoso de los recursos y la energía utilizada en la fabricación de los materiales de construcción. Casa Clima Nature establece reglas básicas, por ejemplo, para evitar los combustibles fósiles, el aislamiento sintético, los contaminantes y las maderas tropicales. Usando un sistema de puntos, el edificio se clasifica en una de las clases de Casa Clima. [Hegger, 2016]

La metodología para determinar la eficiencia energética de la envolvente del edificio y la eficiencia general se basa en los estándares de cálculo técnico europeos determinados por los datos técnicos del edificio, de los sistemas, así como por los datos climáticos estandarizados (temperatura exterior, radiación solar), el uso del edificio (temperatura ambiente, ventilación, necesidad de agua caliente) y el portador de energía (gas, aceite, etc.).

Los valores de las entidades mencionadas anteriormente no definen el consumo real, sino que son cálculos de necesidades energéticas a través de valores estandarizados que definen una evaluación de cálculo. Este método permite realizar una evaluación independiente de los hábitos de los habitantes del edificio.

La evaluación de la eficiencia global también tiene en cuenta la eficiencia de los sistemas de producción, distribución, almacenamiento y emisión de calor para cubrir las necesidades energéticas. Esto se expresa positivamente en el uso de almacenaje de energía renovable, pero negativamente si se utilizan fuentes de energía fósil.

Mediante estos criterios de evaluación y comprobaciones del lugar, su edificio se clasificará como una clase ClimateHouse al final de las obras. Este método de certificación neutral garantiza al propietario y al inquilino una evaluación transparente del edificio.

Además del certificado, también se entrega la placa Casa Clima para realizar un edificio de bajo consumo. Solo aquellos que superan todas las pruebas de verificación y garantizan el cumplimiento de la norma Casa Clima reciben este premio de alta calidad. [AgenziaCasaClima]

### 3.10 MINERGIE



Minergie es un estándar de construcción suizo desde 1998 para edificios tanto nuevos como rehabilitados. El elemento más importante es asegurar unas condiciones de vida y trabajo cómodas para los usuarios de estos edificios. Este confort es posible gracias a una envolvente de alta calidad y una renovación sistemática del aire, garantizada por un sistema de intercambio de ventilación controlado. Los edificios de Minergie también se caracterizan por un consumo energético muy bajo y el máximo aprovechamiento posible de energía renovable.

Los tres estándares Minergie de construcción, Minergie, Minergie-P y Minergie-A, garantizan la máxima calidad y eficiencia desde la fase de planificación. Se complementan con tres productos adicionales combinables: ECO garantiza el uso de materiales de construcción especialmente saludables y ecológicos, así como la construcción sostenible; MQS Construction (sistema de calidad Minergie para la construcción) el sistema de calidad de Minergie para la construcción proporciona garantía de calidad y transparencia durante la fase de construcción. MQS Operations (sistema de calidad de funcionamiento de Minergie) apoya el uso optimizado de la tecnología de sistemas de construcción, asegurando el máximo confort en la fase de uso.

Los tres estándares de construcción pueden combinarse con los productos adicionales y con el Estándar para la construcción sostenible en Suiza (Estándar Nachhaltiges Bauen Schweiz, SNBS) para la incorporación de factores socioeconómicos.



27 Criterios de estándares Minergie. Imagen traducida de inglés. [SwissBois. Minergie.ch]

El estándar de construcción de **Minergie** está dirigido a constructores y diseñadores con requisitos superiores a la media en términos de calidad, comodidad y energía.

Las condiciones generales exigen:

- Requisito principal: cifra de Minergie (edificio nuevo: 55 kWh/m<sup>2</sup>a)
- Requisito adicional de calefacción solo para edificios nuevos (envolvente del edificio): idéntico a MuKE n 2014.
- Requisito adicional para la demanda de energía final sin fotovoltaica:
- 35 kWh/m<sup>2</sup>a para edificios nuevos y 60 kWh/m<sup>2</sup>a para rehabilitaciones.
- Producción de electricidad propia al menos según MuKE n 2014
- (10 W/m<sup>2</sup> EBF)
- Renovación de aire controlada y protección contra el calor del verano.
- Todos los edificios sin combustibles fósiles.
- Se requiere concepto de hermeticidad, sin medición.
- Se requiere monitoreo de energía para edificios mayores de 2000 m<sup>2</sup> EBF.
- Medidas estructurales simples para la idoneidad de la movilidad eléctrica de los edificios de Minergie.

**Minergie-P** designa edificios de bajo consumo energético que se distinguen por una envolvente de edificio excepcional y un confort óptimo. Minergie-P clasifica a edificios de energía casi nula y cumple con los más altos estándares de calidad, confort y energía. Especialmente por la sobresaliente envolvente del edificio.

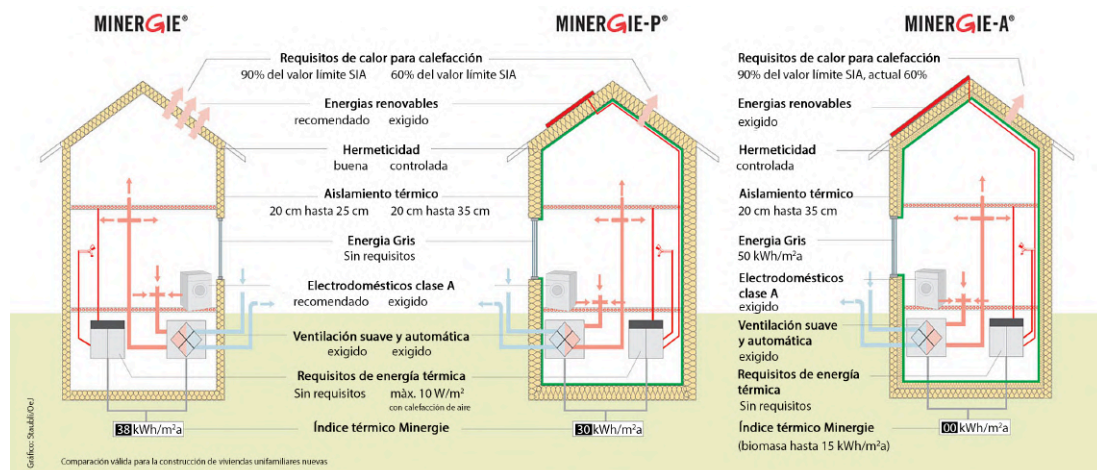
Las condiciones que se aplica a la certificación:

- Requisito principal: cifra de Minergie (edificio nuevo: 50 kWh/m<sup>2</sup>a)
- Requisito de calefacción adicional (envolvente del edificio):
- 70% de MuKE n 2014 en edificios nuevos, 90% para rehabilitaciones.
- Requisito adicional para la demanda de energía final sin fotovoltaica:
- 35 kWh/m<sup>2</sup>a en edificios nuevos, 60 kWh/m<sup>2</sup>a para rehabilitaciones.
- Producción de electricidad propia al menos según MuKE n 2014
- (10 W/m<sup>2</sup> EBF)
- Renovación de aire controlada y protección contra el calor del verano.
- Todos los edificios sin combustibles fósiles.
- Concepto de medición de la estanqueidad y medidas necesarias.
- Se requiere monitoreo de energía para edificios mayores de 2,000 m<sup>2</sup> EBF.
- Medidas estructurales simples para la idoneidad de la movilidad eléctrica de los edificios de Minergie.

Los edificios de **Minergie-A** producen más energía de la que consumen y, por lo tanto, combinan el confort de vida con la máxima independencia energética. El estándar de construcción Minergie-A garantiza una mayor independencia energética a través de la producción propia gracias a los grandes sistemas fotovoltaicos. Con una gestión de carga o batería, se puede optimizar el autoconsumo y, por tanto, la independencia energética.

Los siguientes puntos son decisivos para la certificación:

- Requisito principal: indicadores Minergie (edificio nuevo: 35 kWh/m<sup>2</sup>a)
- Además, el rendimiento anual del sistema fotovoltaico debe cubrir los requisitos energéticos para el funcionamiento del edificio (como energía final ponderada).
- Requisito adicional para la demanda de calefacción para edificios nuevos (envolvente del edificio): idéntico a MuKE n 2014.
- Requisito adicional para la demanda de energía final sin fotovoltaica: 35 kWh/m<sup>2</sup>a para edificios nuevos, 60 kWh/m<sup>2</sup>a para rehabilitaciones.
- Producción de electricidad propia al menos según MuKE n 2014 (10 W/m<sup>2</sup> EBF).
- Renovación de aire controlada y protección contra el calor de verano.
- Todos los edificios sin combustibles fósiles.
- Concepto de medición de la estanqueidad y medidas necesarias.
- Se requiere monitoreo de energía para todos los tamaños de edificios (edificios <2.000 m<sup>2</sup> sin energía útil para calefacción y agua caliente).
- Medidas estructurales simples para la idoneidad de la movilidad eléctrica de los edificios de Minergie.



28 Comparación de los 3 criterios Minergie. Imagen traducida de alemán. [SwissBois. Minergie.ch]



## 4 CRITERIOS AKTIVHAUS

A diferencia del estándar Passivhaus, para un Aktivhaus no hay estipulaciones relativas a las cualidades requeridas para la envolvente del edificio o la demanda máxima de energía para el edificio. Y a diferencia de la norma Energy - Plus, no existe una estipulación vinculante de que el edificio deba producir necesariamente más energía de la que consume en general durante el año.

Hay varias razones para evitar los parámetros estándar y es que cada edificio es único. Se trata de su ubicación geográfica, las condiciones climáticas y geológicas, su ubicación dentro del espacio urbano y muchos otros criterios que lo hacen más o menos apto para el uso de energía ambiental. Sin embargo, aún más importantes por su capacidad de adaptación como colector de energía y para posiblemente producir un excedente de energía, son otras dos características del edificio: el uso y la altura del edificio, o mejor dicho, el número de pisos.

El **uso** determina la demanda energética del edificio, ya sea para calefacción, refrigeración y ventilación, para energía auxiliar, iluminación o todos los equipos eléctricos del edificio. Asimismo, el uso determina las cargas internas de personas y equipos. Así, según el tipo de uso, la demanda energética específica por unidad de superficie es diferente: muy baja, por ejemplo, para una instalación logística o un gimnasio; en el rango medio para una escuela o un edificio de apartamentos, y alto, digamos, para un edificio de laboratorio.

El **número de plantas** y, por tanto, la altura del edificio determinan cuánta superficie tiene un edificio para recolectar energía de su entorno para su uso. Debido a su gran superficie de cerramiento, un edificio de una sola planta es particularmente adecuado para recolectar energía a través de la superficie en contacto con el suelo, el área del techo y, en un grado limitado, las superficies de sus paredes. Por lo tanto, una casa unifamiliar aislada de una o dos plantas o una instalación logística pueden generar muchas veces sus necesidades energéticas a partir de fuentes renovables. El rendimiento energético de una Aktivhaus depende de su uso y del número de plantas, por lo general producirá más energía de lo que consume. Un edificio de varios pisos tiene menos superficie de cerramiento por metro cuadrado de superficie útil. Tiene proporcionalmente menos superficie de techo y más superficie de pared. Sin embargo, las superficies de las paredes contribuyen menos a la recolección de energía del medio ambiente que las áreas de los techos. Debido a que los edificios con muchas plantas también se encuentran generalmente en espacios urbanos más densos, la sombra de las superficies de los techos y las paredes puede reducir aún más los rendimientos.

El rendimiento de una Aktivhaus siempre dependerá no solo de criterios geográficos sino también de su uso y del número de plantas / altura del edificio. Muchos tipos de uso, como escuelas, viviendas unifamiliares o viviendas multifamiliares de altura típica, son adecuados para lograr el estándar Energy - Plus. Por el contrario, con instalaciones como los edificios de laboratorio o los edificios de oficinas de gran altura, es difícil o incluso imposible generar más energía renovable de la que consumen. [Hegger, 2016]

Por eso dentro de los criterios que a continuación se exponen existen edificios residenciales y de uso público, obra nueva y rehabilitaciones, unifamiliares y edificios en altura, con certificados de estándares como EnergyPlus o NZEB, todos ellos son Aktivhaus ya que en la medida de lo posible todas ellas utilizan construcciones sostenibles y energéticamente eficientes con uso de energías renovables.

### ENVOLVENTE DEL EDIFICIO

En todas las Aktivhaus se relaciona estrechamente el edificio con su localización y sus condiciones climáticas para diseñar su envolvente, de forma que ofrezca a sus usuarios un alto confort y asegure un funcionamiento energéticamente eficaz.

La envolvente se ha de diseñar perfectamente para funcionar como un filtro protector del edificio que regule los condicionantes externos variables propios del clima que lo rodean y así garantizar sensación de bienestar en su interior. Ha de controlar la entrada por sus huecos de luz natural que permite tener vistas exteriores, iluminar y calentar a la vez que protegerse de insolación o sobrecalentamiento según la estación y clima. Esta interacción con el medio ambiente ha de tener consonancia con todas las superficies que la forman ya que en ellas hay una transferencia de energía o sirven de superficie para producirla e incluso dan ese aspecto y carácter propios del edificio.

## 4.1 CAPTACIÓN Y CONSERVACIÓN DE CALOR

Para poder controlar el flujo de calor y no sufrir sobrecalentamiento en verano y poder conservar el mayor posible en invierno, se realiza un análisis de equilibrio térmico en cada caso. Teniendo en cuenta la orientación, datos climáticos, horas de luz natural, viento, altitud, etc. Se realiza una diferencia entre el aporte de calor por radiación como por causas internas como ocupación, electrodomésticos, etc. y las pérdidas por emisión y ventilación. Para poder equilibrar esta diferencia se ha de buscar el mejor uso de fuentes renovables posibles que su localización permita.

Uso óptimo de su geometría.

Zonificación térmica del espacio interior según usos.

Optimización del área de suelo útil.

Uso pasivo de la insolación.

Optimización del aislamiento térmico de los elementos opacos.

Optimización del aislamiento térmico de los elementos traslúcidos.

Reducción de las pérdidas de ventilación.

Uso activo de la radiación solar. [Hegger, 2016]

### CENTRO INFANTIL SOLHUSET, HØRSHOLM, DINAMARCA. 2010



29 Solhuset Centro Infantil Hørsholm, Dinamarca, 2010. [Archello. SunHouse]

El centro Infantil Solhuset en Hørsholm de los arquitectos Christensen & Co, conocido como SunHouse, Casa Solar, cuenta con 1.300 m<sup>2</sup> con espacio al aire libre y transiciones perfectas entre las funciones y los espacios interiores y exteriores. Cuenta con una zona de llegada, una zona de acceso a las habitaciones grupales, un área y refugio al aire libre, situadas en el medio del edificio se encuentran las salas de ejercicio comunitaria y el comedor.

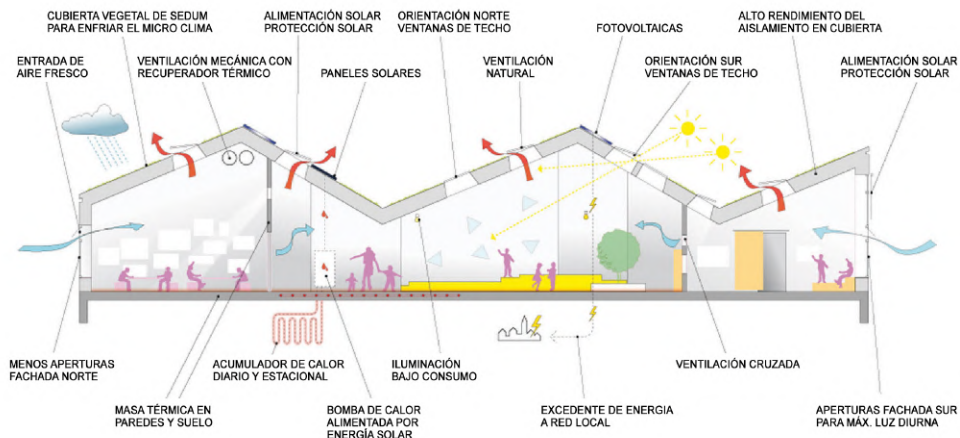
En el interior la tecnología controla el clima para que las funciones del cuidado con niños y sus actividades sean confortables, en el exterior la protección solar y las aperturas controladas de forma inteligente permiten luz diurna y aire fresco según necesidades de las salas.

Gracias a la estación meteorológica y los sensores de temperatura y CO<sub>2</sub>, se controla el encendido y apagado de las luces y el sobrecalentamiento o ventilación con aire fresco. [Archello. Sunhouse]

El diseño y los sistemas de ingeniería instalados aseguran al edificio un estándar de energía Plus: envolvente hecha de madera prefabricada totalmente aislada, enormes paredes interiores y el suelo proporcionan un gran capacidad térmica para la gran cantidad de luz solar que entra por los tragaluces y ventanas.



30 Planta Baja. Vistas del confort en sala interior y vista de espacio exterior en fachada norte. [Archello. SunHouse]



31 Esquema con los criterios energéticos eficientes adoptados en el centro infantil. [Christensen & Co. Arkitekter]

Según los cálculos, estos cubren la mitad de los requisitos de calefacción en invierno. La otra mitad, alrededor de 29 kWh/m<sup>2</sup>a, son alimentados por los paneles solares, así como por una bomba de calor geotérmica, que está conectada a un colector subterráneo de 1.000 m de largo. Con un requerimiento de energía primaria de 51 kWh/m<sup>2</sup>a, el centro infantil cumple con la clase energética danesa 1, lo que significa que ya cumple con los requisitos planificados para los códigos de construcción daneses en 2015. Durante el transcurso de un año, se espera que el sistema fotovoltaico produce 9kWh más energía solar que el edificio y todos sus electrodomésticos necesitarán en el mismo periodo. Este exceso de energía se alimentará al suministro público. Para entender esto de forma teórica, debería ser suficiente para equilibrar toda la "energía gris" utilizada para construir el centro infantil dentro de unos 40 años. [DETAIL. Triangle of sustainability]



32 Paneles solares y lucernarios. Fachada de madera aislante. Lucernarios e Iluminación LED. [Solhuset I Horsholm]

## 4.2 AISLAMIENTO

En todas las zonas climáticas donde fluctúan las temperaturas considerablemente entre el día y la noche es esencial el aislamiento. Este elemento se extiende completamente alrededor de todo el volumen útil del edificio. El control de las posibles pérdidas mínimas controla y asegura que la temperatura interior sea la confortable en cada caso. Al haber menos fluctuaciones en la temperatura de las paredes interiores también repercute en la poca variación de temperatura del aire ambiente. Mejora así los niveles de confort térmico, sin tener en cuenta las cargas de calor internas.

### CERRAMIENTOS EXTERIORES

Son las que más contacto tienen con el aire exterior y el diseño de las zonas opacas es importante para evitar pérdidas de calor. La elección del aislamiento térmico y la construcción de la pared determinan el rendimiento del aislamiento (U) o transmitancia térmica. Describe el intercambio de calor entre las dos superficies interior y exterior en W vatios por metro cuadrado y grado Kelvin.

La pérdida total de transmisión en un edificio ( $H_T'$ ) es la suma de todos los valores U de todos los componentes de toda la superficie de la envolvente (paredes, ventanas, techos, cimientos, suelo) ajustados para representar cada uno en su proporción. Este resultado en  $W/m^2K$  es un buen aislamiento cuanto más bajo sea su valor.

Una solución que ayuda a reducir el espesor de los elementos constructivos manteniendo grandes espesores de aislamiento, es la pared multicapa. Ésta separa la función de soporte de la carga de la función de aislamiento por capas diferentes (aislamiento externo, del núcleo y el interno) o en el caso de combinarlas en una sola capa.

### AISLAMIENTO EXTERNO

Desde un punto de vista físico es preferible este aislamiento al interno. La elección de materiales es muy amplia desde productos naturales como el corcho, celulosa, lana mineral, espuma extruida a base de aceite o incluso aislamiento al vacío. La elección depende de normativas, presupuesto, preferencias por un tipo de materiales naturales o artificiales, si se busca una compatibilidad ambiental o la propia durabilidad. Algo ha tener en cuenta es que hay que minimizar todos los puentes fríos que se producen al fijar el aislamiento a la pared de carga, ya que se restan al calculo de la transmitancia térmica. [Hegger 2016]

### CASA ENERGY-PLUS CON AISLAMIENTO EXTERNO, LUCHLIWEG MÜNSINGEN, SUIZA. 2010

El deseo del cliente de una casa estaba fuertemente vinculado al principio de la construcción sostenible de viviendas. El uso cuidadoso del suelo y los recursos y una construcción eficiente energéticamente formaron la base para el desarrollo de la nueva casa.

El resultado es una casa Energy-Plus, que se construyó en el centro del área de asentamiento existente y en la que se utilizaron materiales naturales y renovables.

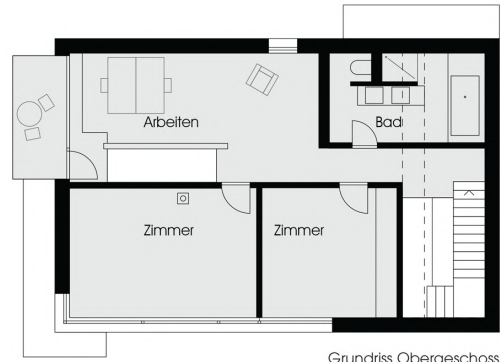
Las paredes exteriores y el techo han sido diseñados con ventilación trasera para que parte del calor radiante pueda ser ventilado en verano y la fachada oscura esté protegida contra el calentamiento excesivo. La envolvente del edificio, que es transpirable y está abierta a la difusión de vapor, permite la compensación natural de temperatura y humedad. Toda la estructura de madera está aislada con lana de oveja suiza y forrada con abeto en el exterior. La madera utilizada proviene de los bosques locales. [Holzbauer. Plusenergiehaus]



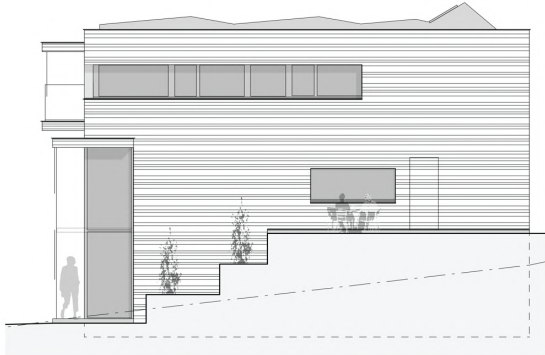
33 Vistas exteriores. [Dadarchitekten]



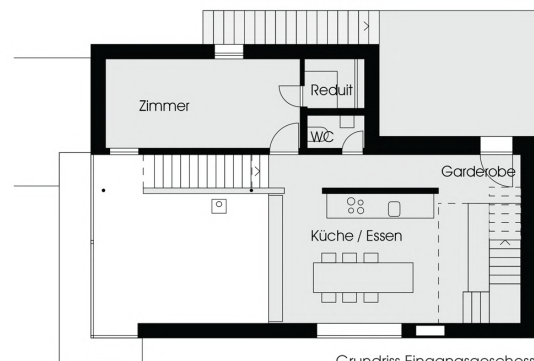
Südwestfassade



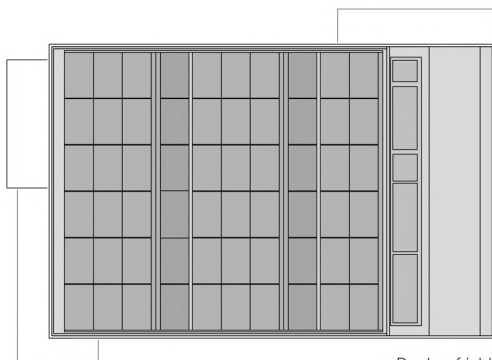
Grundriss Obergeschoss



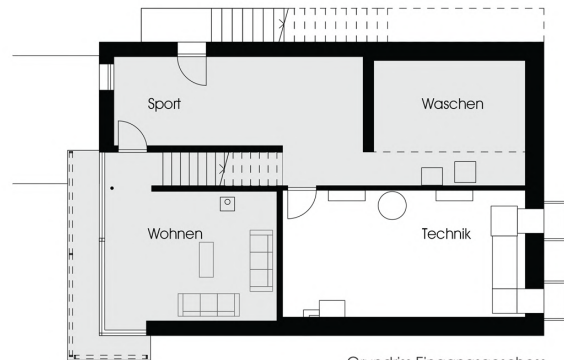
Südfassade



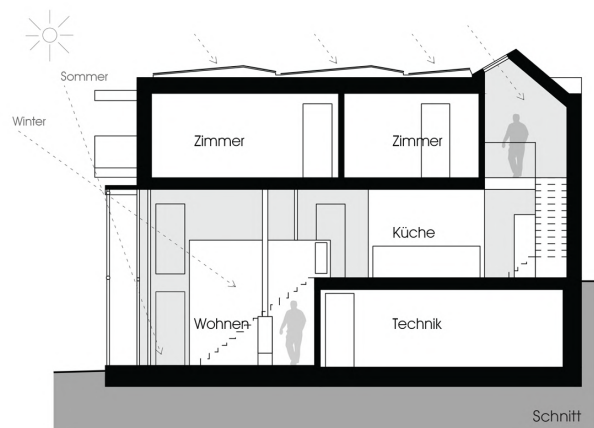
Grundriss Eingangsgeschoss



Dachaufsicht

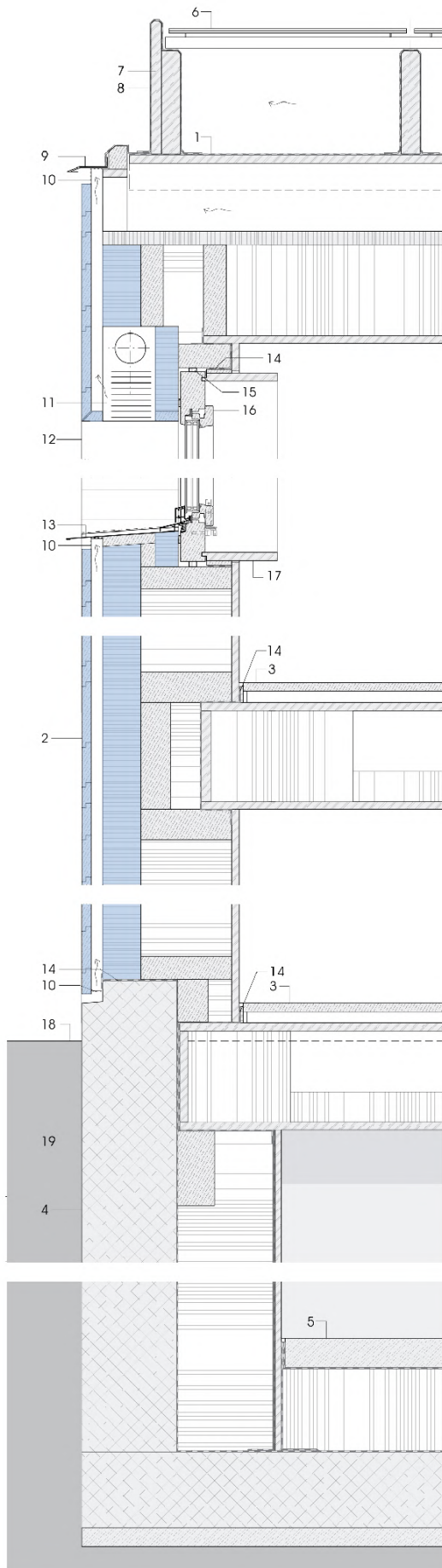


Grundriss Eingangsgeschoss



Schnitt

34 Plantas. Sección. Alzado. Vista de las placas fotovoltaicas de cubierta. Imagen traducida de alemán. [dadarchitekten]



35 Sección constructiva con aislamiento externo. [dadarchitekten]

## AISLAMIENTO INTERMEDIO

En casos de doble capa con ambas capas selladas el completar la cavidad con aislamiento tipo espuma rígida extruida, relleno mineral o fibras minerales o de celulosa. Las fijaciones entre la capa externa y la pared estructural traspasan el aislamiento térmico y ese puente frío puede ser perjudicial en el rendimiento aislante de la envoltura.

### AISLAMIENTO INTERNO

En casos en que las fachadas estén protegidas o no sea posible aplicar el aislamiento en el exterior, la opción de aislar con un material no mayor que 100mm para evitar condensaciones suele ser la que menos problemas genera. Hay que considerar que la capacidad interna de la pared para liberar y absorber humedad va a variar y hay que asegurar una buena ventilación con algún sistema controlable. El uso por ejemplo de aislamiento de silicato de calcio en interiores ayuda a regular este problema. [Hegger 2016]

## ZERO ENERGY HOUSE CON AISLAMIENTO INTERNO, DRIEBERGEN, NL. 2009

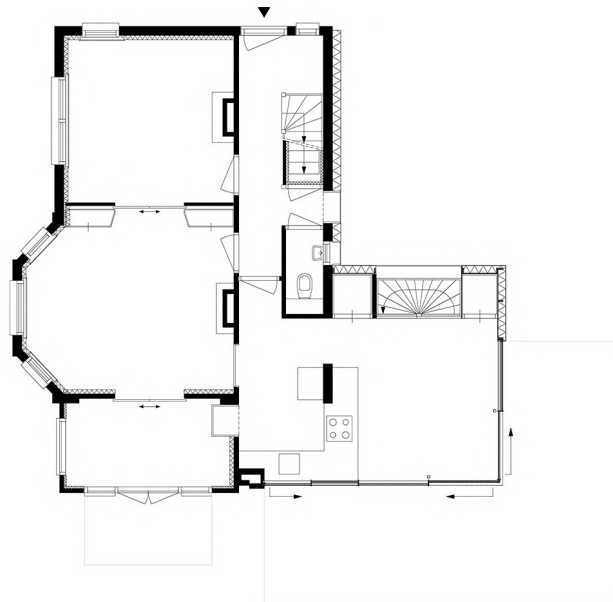


36 Vistas de fachada posterior y la ampliación con la cocina. [Béhance]

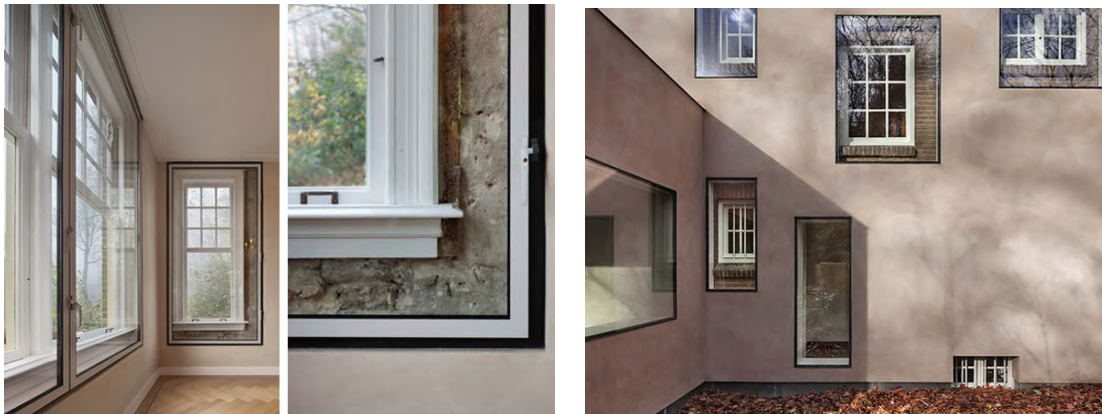
La villa en Driebergen es un monumento de principios del siglo pasado. Los propietarios compraron esta villa en el municipio porque tenían una idea muy progresista de ir transformando este monumento en una casa de energía cero. Junto con OPAI (Rau Amsterdam) hubo un plan para realizar el primer monumento de los Países Bajos neutral en energía: una vivienda que proporciona su propia energía mediante sistemas de alta calidad. Dentro del concepto de energía, la casa está aislada con materiales naturales como esteras de caña y lino. Los viejos marcos de las ventanas de madera están conservados y provistos de acristalamiento secundario aislante. El ladrillo original que cubre la fachada de la casa es visible desde el interior gracias a un nuevo aislamiento conectado al marco de madera mediante isoglas doble hermético con doble sello de goma.

La casa se ha ampliado en la parte trasera con una caja de cristal rematada con un techo de hormigón que contiene todas las nuevas instalaciones. One Planet Architecture Institute desarrolló el sistema de energía neutral de la casa, asegurándose de que todo el trabajo realizado en el edificio existente sea reversible y se pueda deshacer sin dejar rastro. Para aislar la villa, se han utilizado materiales naturales siempre que ha sido posible. Las paredes internas se han aislado con fibra de madera y se han acabado con una capa de yeso de barro. El techo de madera original estaba aislado con lino, un material natural "transpirable" que se usa comúnmente en las casas con entramado de madera en el sur de los Países Bajos y Alemania. [Inhabitat]

OPAI (One Planet Architecture institute) ha inventado el concepto energético, que hizo que la casa fuera energéticamente neutra. Mediante el uso de una bomba de calor, colectores terrestres que utiliza energía geotérmica para calentar la casa. La casa tiene calefacción por suelo radiante y por pared y se obtiene agua caliente con "caldera de bomba de calor". La electricidad necesaria para la bomba de calor se obtiene de los paneles solares fotovoltaicos que se encuentran en el techo de la casa principal y la nueva ampliación. En los días soleados, esta energía se suministra a la red pública y en los días oscuros la energía se extrae de la red pública. La totalidad es energéticamente neutra, pero la casa permanece conectada a la red eléctrica. Para reducir las pérdidas de calor, la casa está aislada con materiales sostenibles.

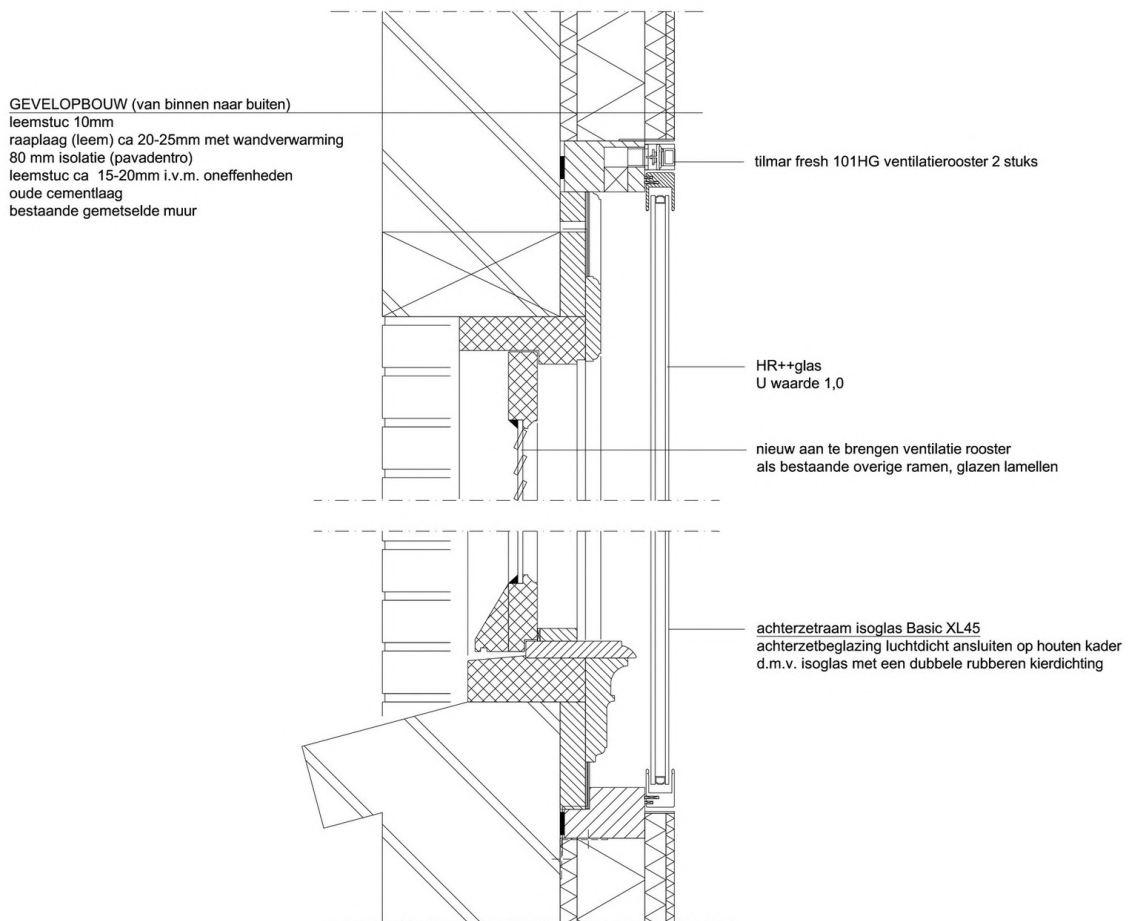


37 Planta y sección por la ampliación. [Zecc]



38 Imagen interior carpintería. Imagen exterior y ampliación de la restauración de la villa. [Zecc. Sustainable Monument]





39 Detalle constructivo de acristalamiento y aislamiento interno. [zecc.nl]

## LOSAS Y SUELOS

Superficies de suelos, losas, sótanos en contacto con el suelo siempre están mejor protegidas desde el exterior con un aislamiento perimetral. Éste ha de ser resistente a la compresión, a la humedad y putrefacción. Aunque su espesor es menor que las superficies en contacto con el aire exterior por la menor fluctuación de temperatura del suelo, las espumas extruidas o las de vidrio en caso de cargas son las más aplicadas. Importante es un buen aislamiento en estas zonas durante la construcción ya que finalizada supone una gran coste.

## TECHOS

Un buen aislamiento en esta parte de la edificación contribuye de gran manera a minimizar las pérdidas de calor de la envolvente. Suelen ser de tres tipos principalmente:

### ESTRUCTURAS LIGERAS

En casos de construcciones industriales, las cubiertas ligeras de perfiles laminados o paneles sándwich fijados directamente a la estructura, con aislamiento térmico ha de ser capaz de resistir cargas a compresión y generalmente se coloca directamente encima de la construcción junto con las capas impermeabilizantes. Suelen utilizarse en estos casos espumas rígidas, paneles a base de madera o en casos de altas cargas de vidrio espumado. Para obtener un valor U de  $<0,15\text{Wm}^2\text{K}$  se suele instalar aislantes mayores de 20 cm.

### CUBIERTAS DE VIGAS Y CORREAS

En tejados inclinados hay que tener en cuenta las restricciones para evitar deslizamientos, a menos que sean construcciones prefabricadas o de hormigón in situ. El aislamiento combinado entre y encima de las vigas deberá de contar con la superficie de vigas para conseguir la U deseada.

### 4.3 VIDRIOS Y ACRISTALAMIENTOS

Las áreas acristaladas y las ventanas representan un reto en le envolvente para diseñadores, fabricantes y constructores ya que influyen no solo en el rendimiento del edificio sino también en el bienestar de los usuarios.

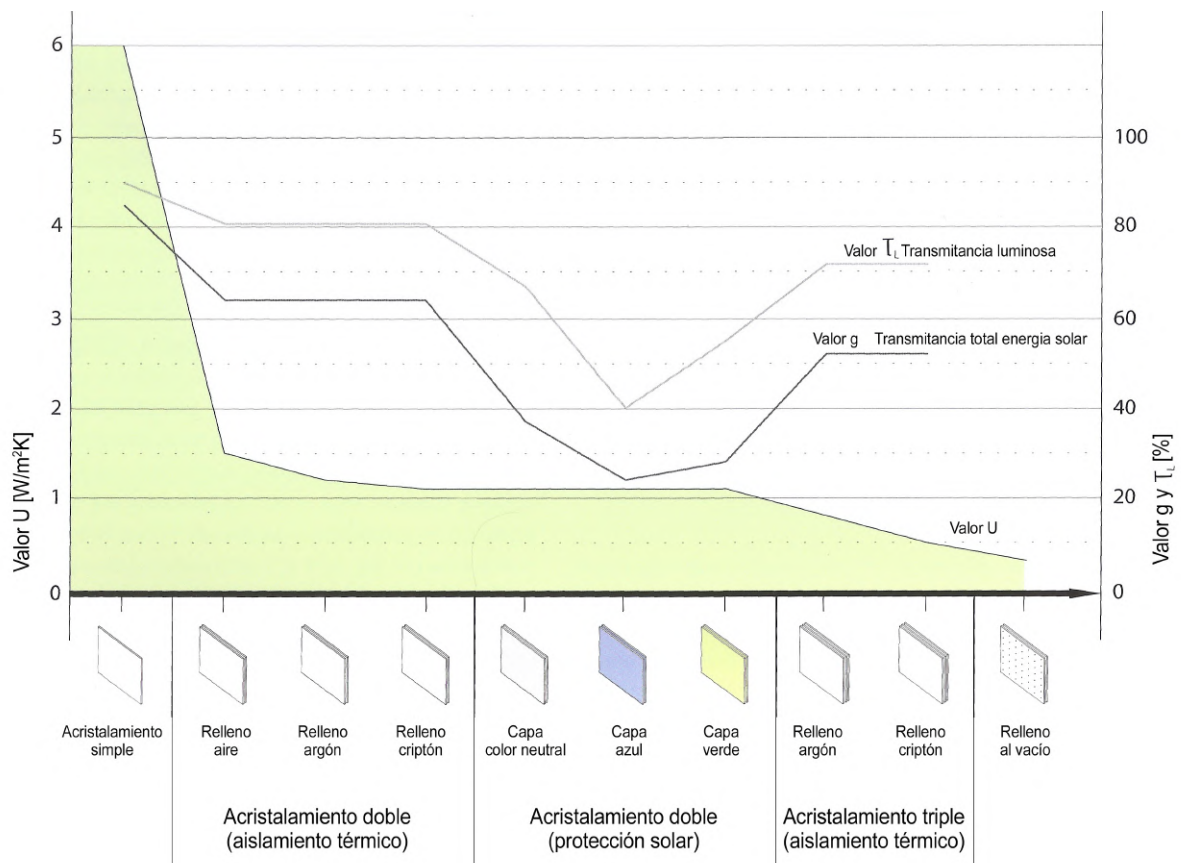
La transmitancia en la parte de vidrio se expresa con el valor  $U_g$ , donde el valor  $g$  es la capacidad de los componentes transparentes para transferir energía. Es la suma de la transmisión solar directa y el calor emitido al interior por transmisión y convección.

Los sistemas de acristalamiento disponibles actualmente para el uso en edificios energéticamente eficientes son de triple acristalamiento con un valor  $U$  de 0,5 a 0,7  $W/m^2K$  y un valor global de transmisión de energía de 0,4 a 0,6.

Además de la calidad del acristalamiento hay que tener en cuenta el marco, las rejillas o dispositivos de sombreado, ya que ajustando todos estos parámetros se pueden mejorar con valores más bajos de transmisión.

Otro parámetro a considerar es el factor solar, se mide en un grado de 0 a 1, si es de 0.5 significa que un 50% es el que llega a través de la ventana a la estancia.

Los sistemas más avanzados se declinan por el vacío entre acristalamientos y ofrecen un alto valor  $U_g$ , su ventaja en el costo a largo plazo ha de ser posible si se mantiene ese vacío durante su vida útil.



40 Desarrollo de estándares de sistemas de acristalamiento. Imagen traducida de inglés. [Hegger et al., 2016:109]

#### RELLENO GAS NOBLE

Para conseguir valores  $U_g \leq 0,6 W/m^2K$  se rellenan las cavidades interiores del acristalamiento de gases nobles como argón, criptón o xenón. El criptón y sobretodo el xenón son de mayor coste y requieren más energía que el argón, por lo que de manera general su ventaja energética se ve reducida.

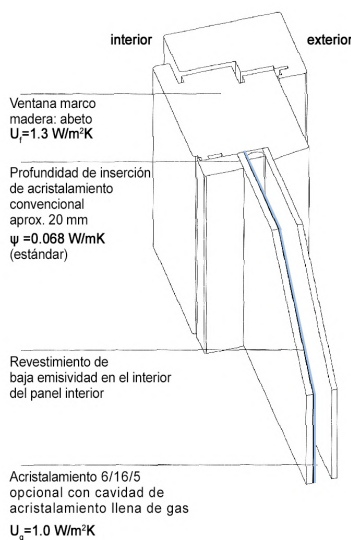
CONTROL SOLAR ACRISTALAMIENTO

Los rendimientos para disminuir el valor g se incluyen en el interior del vidrio exterior, por lo que reduce el calentamiento del espacio entre vidrios y sus tensiones térmicas, permitiendo pasar la máxima luz. Es un vidrio tratado con una fina capa transparente en una de sus láminas y que de forma incolora no afecta a la luminosidad como en los casos de vidrios tintados. Es una solución ideal en lugares muy calurosos ya que nos ayuda a reducir el gasto en refrigeración.

Ésta es una protección constante que no se puede regular durante las variaciones estacionales, para ello se suele combinar con elementos para la protección solar como persianas, celosías o cortinas térmicas.

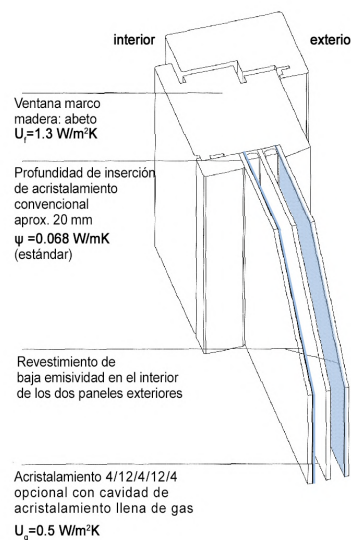
Hay que saber diferenciar entre este control solar y el de las denominadas ATR ventanas con vidrio de aislamiento térmico reforzado, ya que son un producto capaz de proteger tanto del frío como del calor. Son ventanas con doble acristalamiento donde los vidrios están separados por un perfil y una cámara de aire o de gas argón. Proporciona una sensación térmica de confort en invierno y una temperatura agradable en verano. [Entrevidrios]

Doble acristalamiento con profundidad de inserción de vidrio convencional



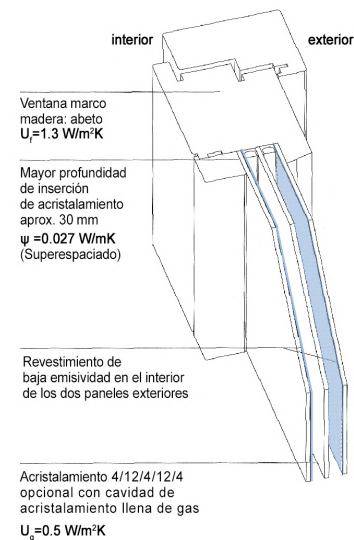
$U_w=1.29 \text{ W/m}^2\text{K}$

Triple acristalamiento con profundidad de inserción de vidrio convencional



$U_w=0.98 \text{ W/m}^2\text{K}$

Triple acristalamiento con profundidad de inserción de vidrio aumentada

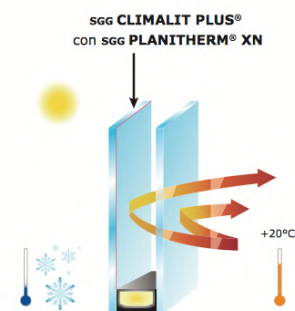


$U_w=0.87 \text{ W/m}^2\text{K}$

41 Aislamiento térmico de marcos y vidrios. [Hegger et al., 2016:111]

Doble acristalamiento sgg CLIMALIT PLUS® con sgg PLANITHERM® XN						
Composición (mm)	4-12-4		4-16-4		6-12-4	
Posición de la capa	3	2	3	2	3	2
<b>Factores luminosos</b>						
TL (%)	82				81	
R ext (%)	12	13	12	13	12	13
Factor solar (g)	0.65	0.63	0.65	0.63	0.64	0.62
Coefficiente de sombra (SC)	0.75	0.72	0.75	0.72	0.74	0.71
<b>Valor U</b>						
Aire (W/m²K)	1.6		1.4		1.6	
Ar 90% (W/m²K)	1.3		1.1		1.3	

• Valores calculados de acuerdo a las normas EN410-2011 y EN673-2011  
 • Configuración de doble acristalamiento sgg CLIMALIT PLUS® con sgg PLANICLEAR® y sgg PLANITHERM® XN



42 Base de datos multifabricante ACAE

Un ejemplo comercial de este tipo de ventanas como solución intermedia es la de Climalit Plus con Planitherm XN de doble acristalamiento con relleno de argón o de aire. En soluciones de fachadas donde se requiere un bajo valor Ug que reduzca las pérdidas de calor y aporte luz natural por su transparencia. El Climalit Plus con sggPlanitherm® XN se consiguen valores de U<sub>w</sub> de 1.1 – 1.3. [Entrevidrios]

## AISLAMIENTO ACÚSTICO

Para mejorar el punto desfavorable frente al sonido que representan los acristalamientos en comparación a la zona opaca, se utilizan diferentes espesores de vidrio, según la posición interna o externa de estos.

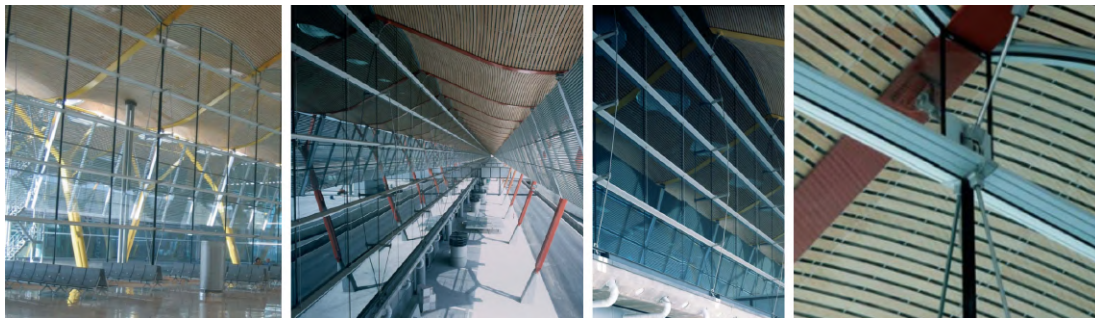
Sus aplicaciones van desde fachadas acristaladas y ventanas con un fuerte ruido exterior de tráfico elevado, zonas comerciales, proximidad a estaciones y aeropuertos, zonas cercanas a vías de comunicación de alta densidad, etc. Edificios cuyas cubiertas, techos, claraboyas, etc. se pueden ver afectadas por el ruido de impacto de lluvia o granizo, o en interiores como separadores de ambientes, en cabinas de interpretación, salas de reuniones, mamparas divisorias de despachos, etc.

Un ejemplo comercial que cumple este tipo de aislamiento acústico de la marca Climalit, por tener una referencia como en el punto anterior, es el SGG STADIP o SGG STADIP PROTECT. Corresponde a un acristalamiento laminado formado por dos vidrios SGG PLANICLEAR de 4 mm unidos por dos láminas de PVB Silence de 0.38 mm (o una lámina de 0.76 mm). [Saint-Gobain]

### TERMINAL 4, AEROPUERTO BARAJAS, MADRID, ESPAÑA. 2009

La fachada de la terminal cuenta con un total de 45.000 m<sup>2</sup> de vidrio, resueltos mediante una estructura portante de grandes dimensiones a base de un elemento principal que se denomina "Kipper-truss" de 12 m de altura, que además de ser el elemento portante de la fachada, actúa de arriostramiento de la estructura de cubierta. Para ello, Kipper-truss se ha colgado de la estructura de cubierta y se ha realizado un post-tesado a 60 Tn desde el forjado de los perfiles longitudinales. El procedimiento de post-tesado se ha realizado en bloques de 16 conjuntos entre juntas de dilatación que corresponden a 72 m por cada lado del perfil.

Los acristalamientos son de altas prestaciones con capas de control solar y térmico, así como con láminas especiales de reducción acústica, siendo el espesor total de 36 mm (12/12/6+6), que dotan a la fachada del confort necesario en este tipo de instalaciones. [Revista Acero Inoxidable 55]



43 Interior Terminal 4. Fachada acristalada y parasoles exteriores. Elemento portante "Kipper-truss" detalle anclaje. [Revista Acero Inoxidable 55]

### BORDE SELLADO / ESPACIADOR

Para romper el posible puente térmico se ha de incorporar este sellado y utilizar espaciadores entre los vidrios. Un claro ejemplo de cómo ha de estar bien resuelto, ya que en la actual práctica hay separadores de aluminio que por su buena conductividad térmica pueden provocar condensaciones especialmente. Por eso es crucial una supervisión especial en la correcta puesta en obra consiguiendo una buena estanqueidad del sellado a marco, así como el drenaje del mismo.

### MARCOS

Elementos cuyo diseño e instalación han de ser muy minucioso. Para obtener un valor  $U_f$  de un buen marco es mayor del doble que el de un triple acristalamiento, ya que al ocupar hasta un 25-40% del área de la ventana completa, puede tener una gran pérdida de energía. Valores conveccionales de  $U_f$  están alrededor de 1.5 – 2 W/m<sup>2</sup>K. Si lo que se pretende en las Aktivhaus es conseguir un alto confort térmico, la elección de un marco bien aislado es crucial, y valores de 0.7-0.8 ya son accesibles en todo el mercado, debiendo de ser un estándar mínimo.

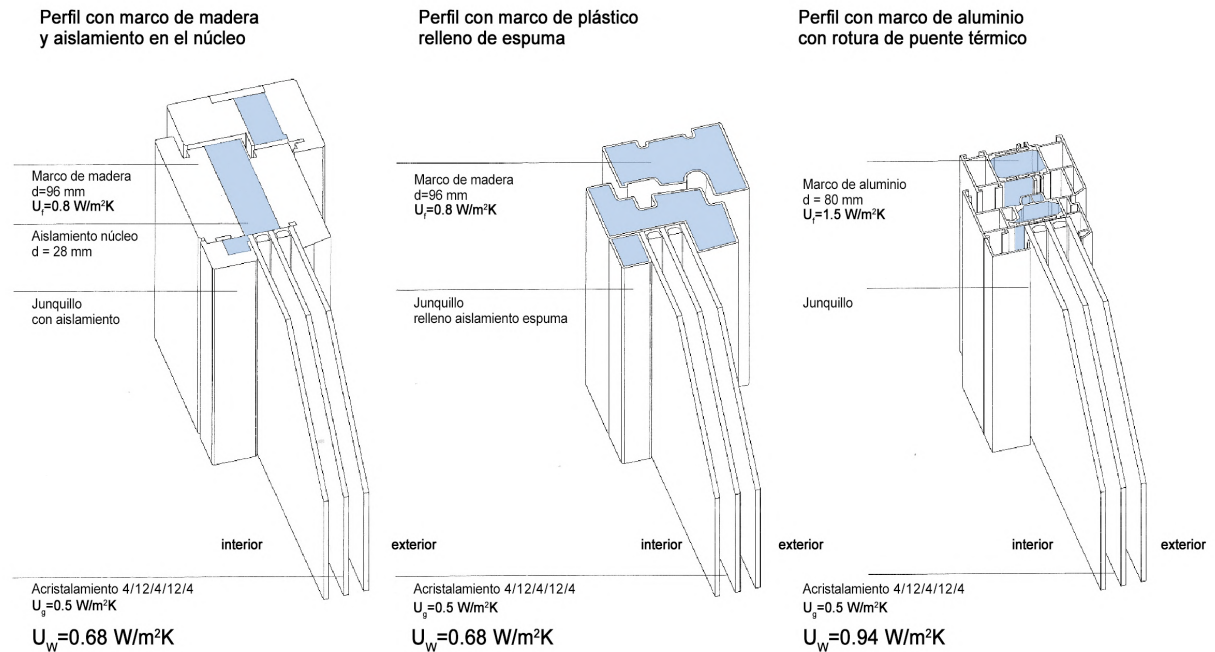
Tanto los perfiles como los núcleos han de incorporar rupturas de puente térmico y estar aislados sus núcleos con espuma rígida de poliuretano (PUR), poliestireno expandido (ESP) o corcho.

Los materiales elegidos para estos perfiles pueden ser de madera, madera con aluminio, aluminio o plástico. Estos últimos en el estandar Aktivhaus donde se busca lo ecológico en la construcción, suelen ser criticados por lo difícil que es posteriormente el separar sus componentes al desecharlos al

## 4 CRITERIOS AKTIVHAUS

final de su vida útil. Una buena elección serían los casos de madera y/o aluminio al ser más fáciles de separar aunque hay que considerar futuros costes como del mantenimiento continuo que supone el uso de madera en el exterior. Una solución que se ha tomado para ir resolviendo las necesidades de mejora en los marcos es por ejemplo, en vez de aumentar su ancho, reducir el marco del borde del vidrio y aumentar la profundidad. Alcanzando grosores de cara interna de 75 mm y en cara externa de 0-20 mm, comparados con los 120-140 mm convencionales.

La combinación de la transmitancia térmica de los sistemas de acristalamiento más marco se expresa con  $U_w$  cuyo cálculo considera el valor  $U$  del acristalamiento y el del marco según sus proporciones.



44 Comparación de perfiles según aislamiento. [Heg Comparación de perfiles según aislamiento. [Hegger et al., 2016:111]

## 4.4 VENTILACIÓN

La mejora en las cualidades energéticas de la envolvente depende en gran medida de que se consiga un sellado perfecto de la envolvente. Controlar la ventilación en sus puntos débiles como fugas y huecos es algo crucial en edificios Aktivhaus. Su alto nivel de confort ofrece una excelente calidad del aire minimizando las pérdidas de calor de ventilación, y un mayor uso de ventilación natural. Por ello un sistema de ventilación mecánica totalmente controlable es esencial para garantizar una calidad de aire óptima y así evitar pérdidas de energía. En la medida que sea posible complementarse con una ventilación natural los meses de menor calor como primavera y otoño y de una ventilación cruzada durante la noche de verano.

En casos en que sea posible la ventilación regular de renovación de aire natural, tanto automática como manualmente, se va a mejorar la calidad del aire y su higiene lo que reporta en una mejora de salud para sus usuarios. Hay casos en climas fríos que se debe estudiar si se puede mantener una buena eficiencia energética manteniendo esa comodidad térmica de ventilación natural sin un gran aporte calorífico que lo contrarreste. Soluciones como sistemas inteligentes controlados por los propios usuarios que controlan el tiempo y la apertura de ventanas, según la información de sensores de ocupación, temperaturas interior y exterior, precipitación o viento, proporcionan una ventaja para los usuarios.

La combinación con aperturas en paredes opuestas del edificio que aseguran una ventilación cruzada ayuda a mantener un flujo continuo de aire al interior del edificio, a la vez que ayuda a liberar el calor almacenado durante el día y a enfriar durante la noche para almacenar ese fresco durante el día.

## OSRAM CENTRO CULTURAL Y COMUNITARIO, BIRGITTE KORTEGAARD, COPENHAGUE, DINAMARCA. 2009

Ejemplo de rehabilitación de edificio industrial de almacén y oficina del año 1953 adquirido por el municipio en 1980 para transformarlo en centro cultural y comunitario. En 2009 fue objetivo de una importante renovación para mejorar el clima interior, la arquitectura, las condiciones de luz natural y la eficiencia energética. Con la ayuda del Grupo Velux se ha convertido en una estructura con una demanda mínima de recursos y ofreciendo nuevos servicios públicos. [Velux.Co.UK]



45 Fachada nave industrial OSRAM en la actualidad. [Velux]

Se trata de redistribuir la planta baja donde hay dos entradas principales a un gran vestíbulo con una zona a doble altura con luz cenital natural. Desde el vestíbulo se accede a las salas por una pasillo paralelo a la fachada. Como ésta es algo emblemático del propio edificio se quería mantener sin que hubiera un aislamiento visible y por eso se opta por acristalar con vidrios de bajo consumo energético. Así se crea un pasillo parcialmente climatizado que reduce la pérdida de calor a través de la fachada. En la planta baja hay dos salas polivalentes de mayor tamaño con vistas al jardín y tres más pequeñas para actividades que tienen acristalamiento en la parte superior para la entrada de luz natural. En la primera planta está la zona administrativa y el gran salón que cuentan con ventanas en cubierta equipadas con dispositivos de protección solar y apertura electrónica para una ventilación natural. Este nuevo acristalamiento en cubierta contribuye activamente a ajustar el clima interior cuando se reúne mucha gente para actividades de conferencias, fiestas privadas o bailes folclóricos.

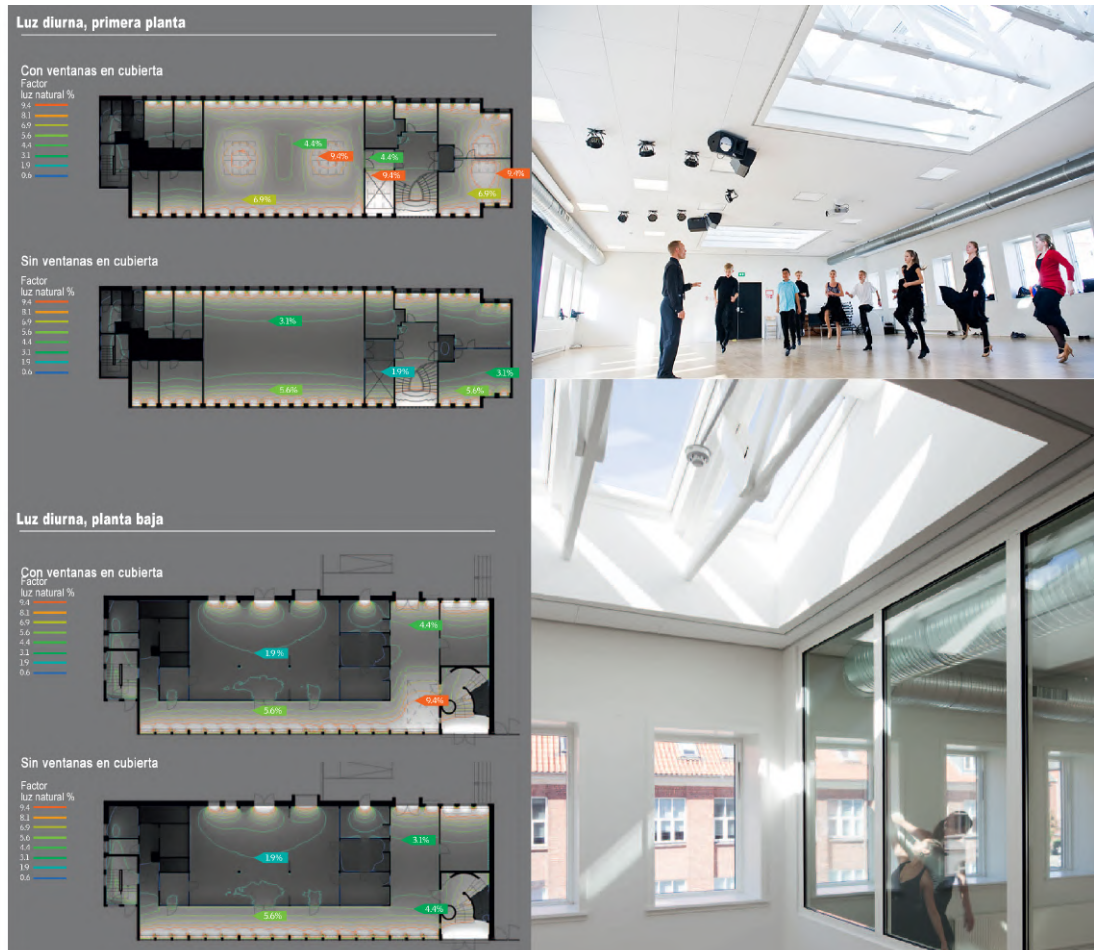
La solución tomada en el proyecto del Centro Cultural OSRAM, utiliza el panel de energía súper baja 65 en las ventanas de techo VELUX orientadas a norte y un panel de energía estándar para las ventanas orientadas a Sur para permitir el máximo aporte solar en las estancias. Cuenta con una envolvente flexible en el edificio y así evita el sobrecalentamiento y el posible deslumbramiento en los períodos pico y, por lo tanto, las ventanas de techo VELUX se han equipado con estores eléctricos, controlados por los usuarios o por el sistema de control totalmente automático NV AdvanceTM de WindowMaster.

Tras la remodelación el consumo de energía se redujo en más del 60% gracias a medidas de ahorro energético como las ventanas nuevas, las placas solares y productos de aislamiento del grupo Rockwool.



46 Instalación ventanas en cubierta con sistema de protección solar y apertura automatizada. [Velux]

4 CRITERIOS AKTIVHAUS



47 Estudio aporte iluminación previo y posterior a la renovación.

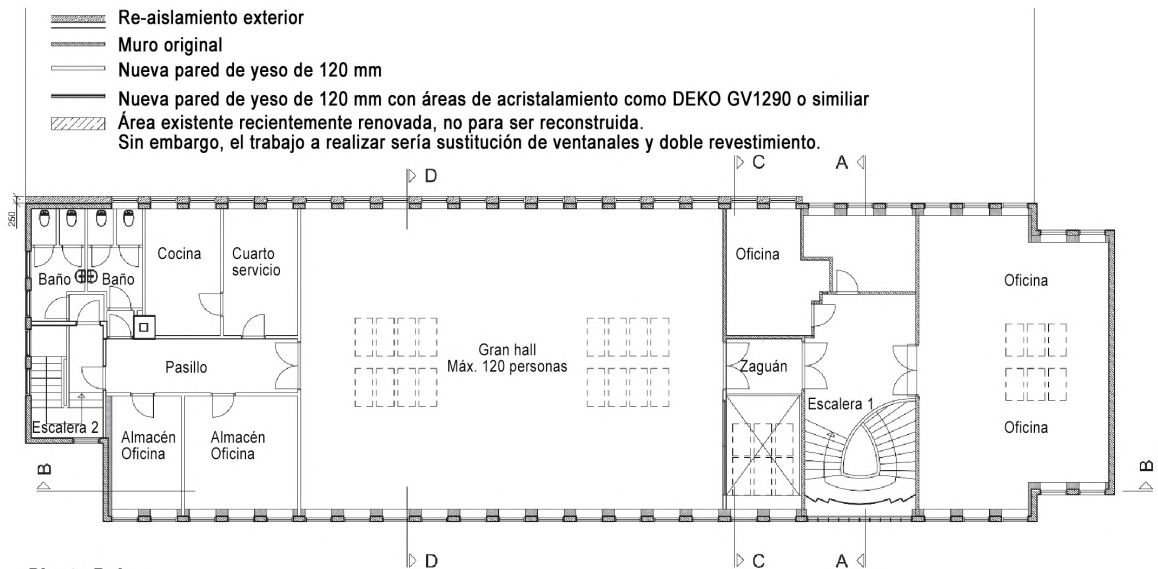
Vista interiores de Sala en 1 planta v lucernario hasta la entrada. [Hiberatlas. Velux]

Manteniendo la estética de la antigua fábrica de bombillas convirtió una pared original mal aislada en una pared de alta eficiencia con aislamiento de Rockwool sellado con placas ROCKPANEL Chameleon de color gris y verde. Estos paneles se grabaron con un patrón similar al de las ventanas de hormigón originales para resaltar su pasado y su enclave industrial. Son una solución estética única que juega con el cambio de color según la dirección de la luz solar y el contraste con el hormigón del edificio.

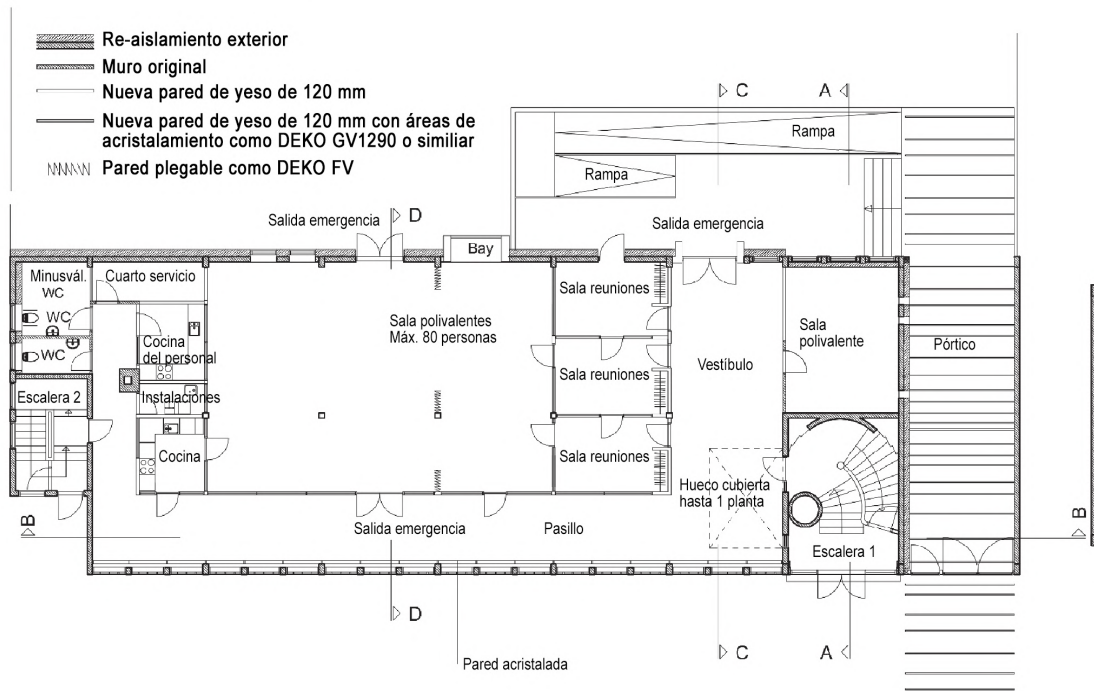


48 Fachada posterior antes y después de la remodelación. Detalle de los paneles Rockwool y Rockpanel Chameleon. [Hiberatlas. Osramhuset]

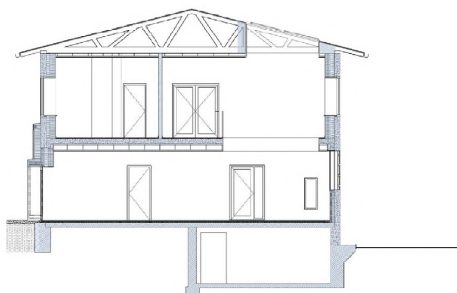
**Primera Planta**



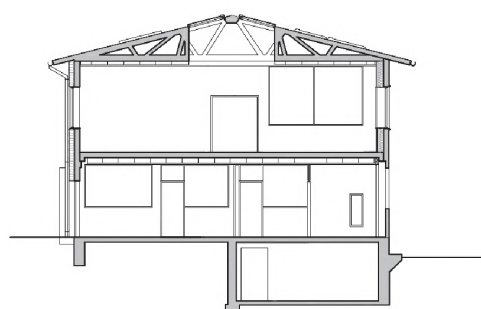
**Planta Baja**



**Sección C-C**

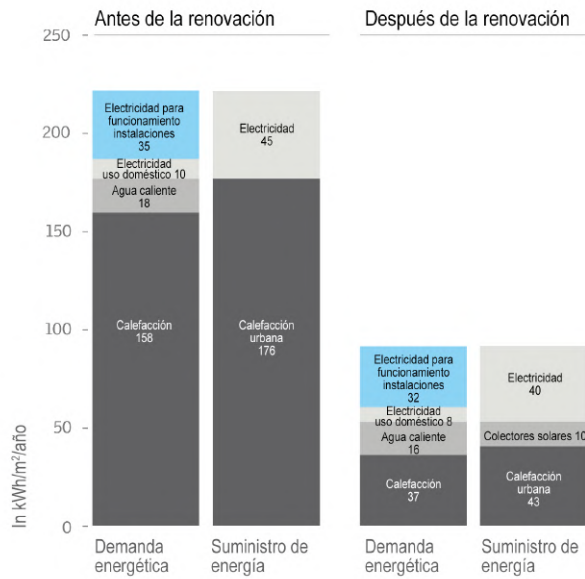


**Sección D-D**



49 Plantas y secciones OSRAM. Imagen traducida de inglés. [Velux]





50 Comparativa demanda y suministro energía previo y posterior a la remodelación.

Vista del interior de la sala 1 planta. [Hiberatlas. Velux]

Para una protección integral del edificio y una adaptación al nuevo uso, se aseguró un ambiente interior de primera clase, con una acústica excelente y protección contra incendios. En su interior se mejoró también la calidad acústica de la sala con el uso de techos acústicos ROCKFON. En los lugares en que fue viable, se aislaron las paredes interiores con aislamiento Rockwool 300mm con lana de roca, un material que mantiene su forma y espesor, reduce considerablemente el consumo energético del edificio en calefacción y refrigeración consiguiendo un excelente confort acústico. [Hiberatlas. Osramhuset]

#### 4.5 CONTROL SOLAR\_SOMBREADO

Para evitar sobrecalentamiento en los edificios y una alta insolación en los componentes transparentes se ha de controlar la cantidad de sol que va a recibir. No sólo los sistemas propios de sombreado, sino también la geometría, las alineaciones del propio edificio, la proporción del área de ventanas, etc. todo influye para controlar la ganancia solar pasiva.

En aperturas y ventanas orientadas a sur que suponen más de un 30% del área de la fachada deben protegerse externamente del sol. En los meses de invierno la entrada de sol en fachadas sur es una fuente de energía pasiva excelente, aunque en los meses de verano cuando el sol está alto el propio vidrio refleja una gran proporción del calor. De forma complementaria se incorporan techos que sobresalen o elementos de sombra fijos o móviles incluyendo también las orientaciones este y oeste.

Dependiendo de la climatología, y la propia elección según zonas y cultura se seleccionan soluciones como cortinas solares exteriores, persianas de lamas móviles, venecianas, de tela, inclusive el uso de vegetación, etc. todas son buenas soluciones para adaptarse al diseño del edificio.

La programación predeterminada de configuraciones que de forma automática se activan para generar sombra o se recogen cuando la insolación registrada es menor optimizando el proceso.

#### 4.6 MINIMIZAR PUENTES TÉRMICOS

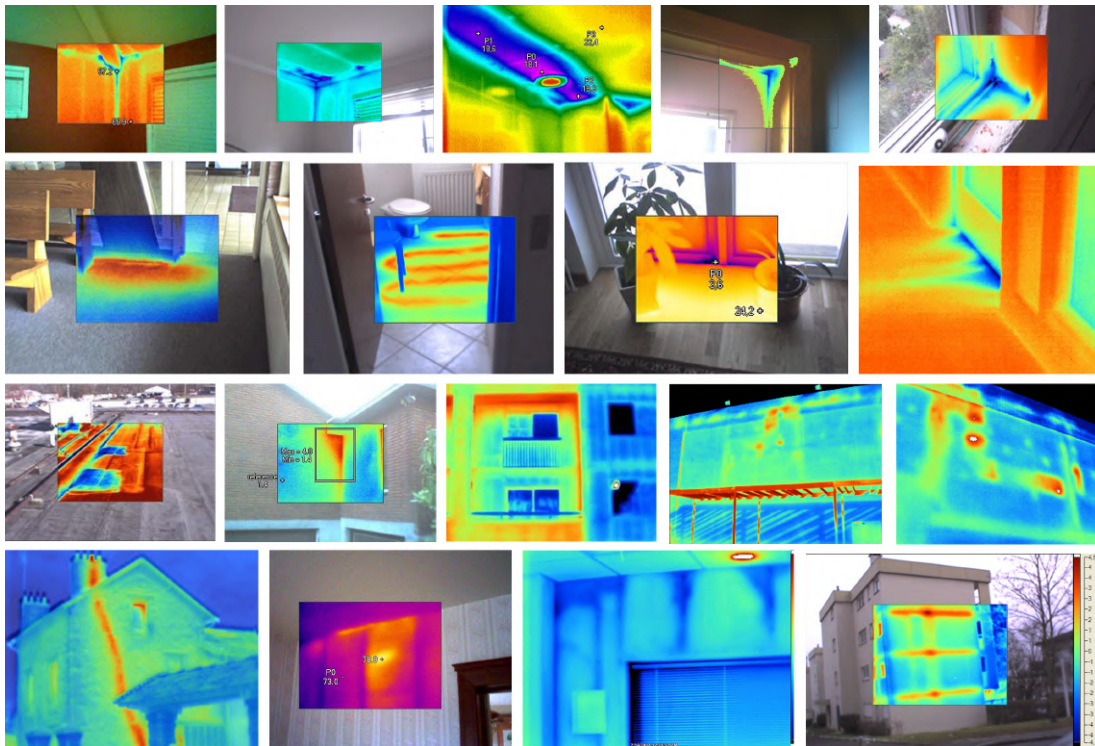
Después de lograr un buen estándar de aislamiento y sellado, el enfoque para conseguir esa calidad Aktivhaus eficiente continua en minimizar los puentes térmicos. Un buen diseño y una supervisión en obra son fundamentales para evitar estas variaciones de la uniformidad de la construcción. La resistencia térmica cambia significativamente en estos puntos por penetraciones completas o parciales de materiales con diferente conductividad térmica; por un cambio en el espesor de la fábrica o una diferencia entre las áreas internas o externas, como juntas entre paredes, suelos o techos. [CTE HE DA 3]

Hay un principio que representa a una Aktivhaus eficiente, si el coste de un buen diseño y su construcción se compara con el ahorro potencial que se logra al haber eliminado puentes térmicos entonces es una solución económica y eficiente.

Uno de estos puntos de especial atención es por ejemplo la losa de un balcón cuando entra en el fachada representando un punto débil en la envolvente del edificio. Por eso si el diseño se estudia de forma que se separa térmicamente o se sitúa frente a la fachada se evitan estos puentes térmicos. Los inconvenientes de estos puentes son además de pérdidas de energía, daños en la propia envolvente que producen daños físicos que desencadenan en procesos físicos como las condensaciones. Hay que evitar el riesgo de formación de mohos por condensaciones superficiales producidas a la disminución de la temperatura de las superficies interiores. Por eso son tan importantes detectarlas y corregirlas para que no provoquen daños estructurales importantes.

La clasificación tipológica de estos puentes térmicos según el Documento Básico HE nos ayuda a prestar atención en resolver encuentros en estos puntos.

Los integrados en cerramientos de fachada como pilares integrados en la fachada, contorno de los huecos y lucernarios, cajas de persianas u otro puente térmico integrado dentro de este cerramiento exterior. Otro caso es el formado por encuentros de cerramientos como el frente de forjados en fachada, las uniones de las cubiertas con fachada, cubiertas con o sin antepechos o pretilas, uniones de fachada con cerramientos en contacto con el terreno, la unión de la fachada con losa o solera o la unión de la fachada con una pantalla o muro enterrado.



51 Ejemplos de puentes térmicos detectados por termografía infrarroja. [Roberto Poyato. FLUKE]

Todos los puntos que representan encuentros o esquinas entrantes i salientes, los voladizos de fachada o cualquier punto de tabiquería interior con los cerramientos exteriores. [CTE DB HE DA 3]

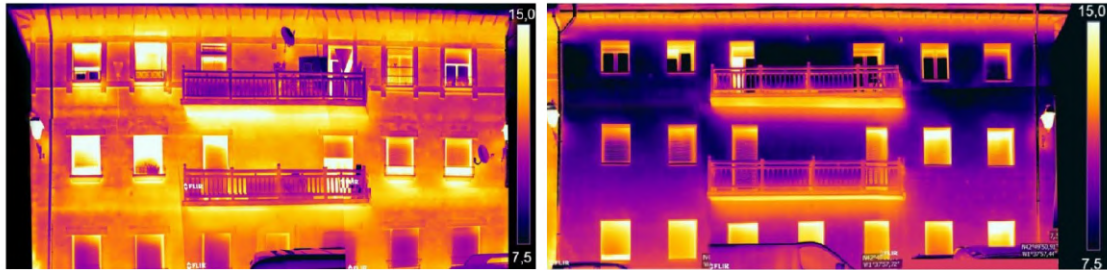
Para analizar la posibilidad de condensaciones en los puntos fríos se utilizan diagramas psicrométricos, que relacionan temperatura seca, humedad absoluta y también la relativa. En el caso de tener que controlar las condiciones ambientales interiores para conseguir ese confort que se exige dentro de las Aktivhaus estos diagramas nos ayudarán en las elecciones de diseño y elección de sistemas de climatización.

Si por el contrario estamos en una rehabilitación o necesitamos un control al finalizar la obra la termografía infrarroja también aporta información valiosa para detectar puentes térmicos. Es una técnica no invasiva que proporciona información gracias a cámaras térmicas o de termovisión, de la temperatura de una superficie por la percepción de su radiación infrarroja invisible. Estas imágenes se utilizan tanto en edificaciones nuevas como ya existentes, para proporcionar detalle de donde se manifiestan defectos como variaciones de temperatura, pérdidas de calor en puntos concretos como claraboyas, huecos, ventanas, áreas frías, condensaciones en esquinas, falta de aislamiento o aislamiento defectuoso, fugas de aire en cajones de persianas, uniones de estructura o entre marcos y el paramento, humedades, acumulaciones de humedad en cubiertas planas, averías en instalaciones de calefacción, roturas en tuberías, etc. Este método que nos facilita en tiempo real imágenes bidimensionales sin necesidad de tener contacto con las superficies, nos evita realizar catas o inspecciones invasivas innecesarias. [Mariño Mur, A. PFG 2012]

## REHABILITACIÓN ENERGÉTICA BARRIO CHANTREA, PAMPLONA, ESPAÑA. 2014-17

Para ver el resultado de una rehabilitación que ha resultado eficiente energéticamente sirva ésta realizada por el estudio Roncal & Janda Arquitectura, dentro de la Regeneración Energética Integral en el barrio de Chantrea en Pamplona. El ejemplo estudiado es el del edificio del grupo San José que cuenta con planta baja más dos alturas. Su año de construcción era 1954-56 y dentro del grupo hay tipologías de Planta Baja +1, +2, +3 y +4 un total de 604 que necesitaron una mejora en sus envolvente y con la incorporación de aislamiento térmico en fachadas y cubiertas de 10 y 12 cm de espesor, se vieron reducida más de un 36% la demanda de calefacción, mejorando también así su calificación energética.

En esta imagen extraída del análisis termográfico, se observan diferencias de temperatura de más de 5°C entre la fachadas. La reformada con 10 cm de aislamiento tipo SATE y la existente, de tan solo un pie de ladrillo perforado.



52 Fotomontaje con varias termografías del edificio sin reformar y reformado.

[Arrebolestudio. Análisis termográfico en la rehabilitación energética]



53 Termografía cuantitativa de fachadas. [Arrebolestudio. Análisis termográfico en la rehabilitación energética]

Este salto térmico analizado por el exterior, se transmite de igual manera al interior de las viviendas. De este modo, los vecinos del edificio reformado contarán con unas temperaturas superficiales en torno a 3° de media superiores a sus vecinos, lo que supone una mejora en el confort interior muy relevante.

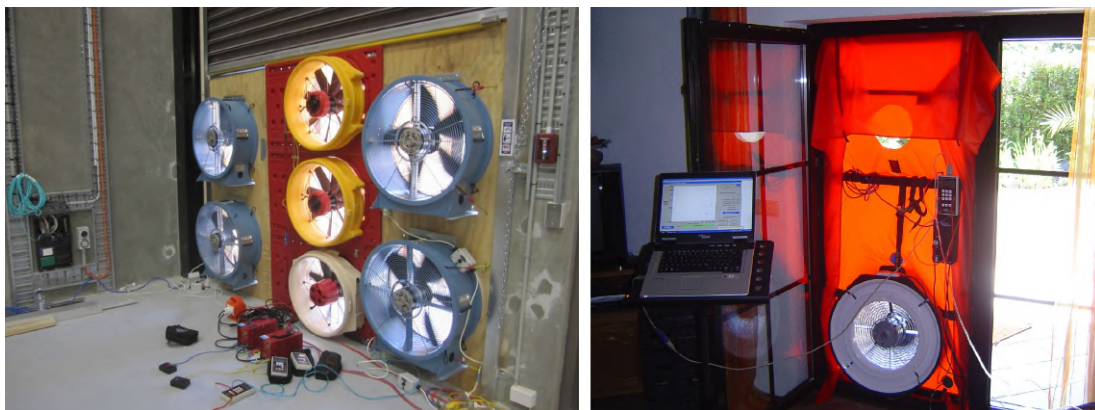
Además de los efectos sobre la demanda de energía y el confort del usuario, una buena estanqueidad reduce la susceptibilidad del edificio a otros defectos. Los movimientos de aire han de ser controlados para proporcionar la cantidad de renovación de aire, continua y adecuada. Cualquiera de estos cambios podría aumentar la posibilidad de defectos de construcción, como el caso más frecuente de condensación dentro de la envolvente por la alta humedad del aire interior, provocando la

aparición de mohos o daños en la estructura. Al igual que en los puentes térmicos hay que llevar un control estricto a la hora de la construcción de conexiones, esquinas y encuentros. Conseguir un buen sellado de estos puntos es como tener una capa continua alrededor del volumen del edificio.

En la mayoría de los tipos de construcción se encuentra en la superficie interior de las paredes. El sellado se consigue con membranas, tableros con base de madera y uniones herméticas o aplicando yeso en el interior. La mejor posición para el sellado es entre las capas estructurales y las de instalaciones para evitar todos los puntos de interrupciones por el paso de instalaciones eléctricas. En el techo se necesita una barrera de vapor y en el interior garantizar una ventilación higiénica gracias a una ventilación mecánica y sistemas altamente eficientes de recuperación de calor con sensores de CO<sub>2</sub> para ventilar sin grandes pérdidas de energía.



54 Esquema fugas comunes de aire en una casa estándar. [Danielsen. Build Homes Green]



55 Porceso Blower Fan. [Air Energy of NWFL]

En muchas ocasiones esta ventilación no está controlada ya que hay filtraciones de aire del exterior al interior y viceversa, para evaluar este nivel de permeabilidad se realizan test como el Blower Door o Ventilador en Puerta.

Un proceso de corto espacio de tiempo que no requiere obras ni ocasiona molestias. Se puede complementar con más mediciones como anemómetros y termografías. El procedimiento consiste en situar un ventilador en la entrada principal del inmueble y que presurizará el interior y estudia su estanqueidad. Previamente se sellan las entradas de aire natural como campanas extractoras de cocina, rejillas de ventilación y se cierran todas las aperturas de la envolvente, ventanas, puertas, lucernarios etc. Se instala el marco con la lona correspondiente en la puerta principal donde irá el ventilador. Cuando el ventilador está funcionando se mide el caudal q<sub>50</sub>, una diferencia de presión

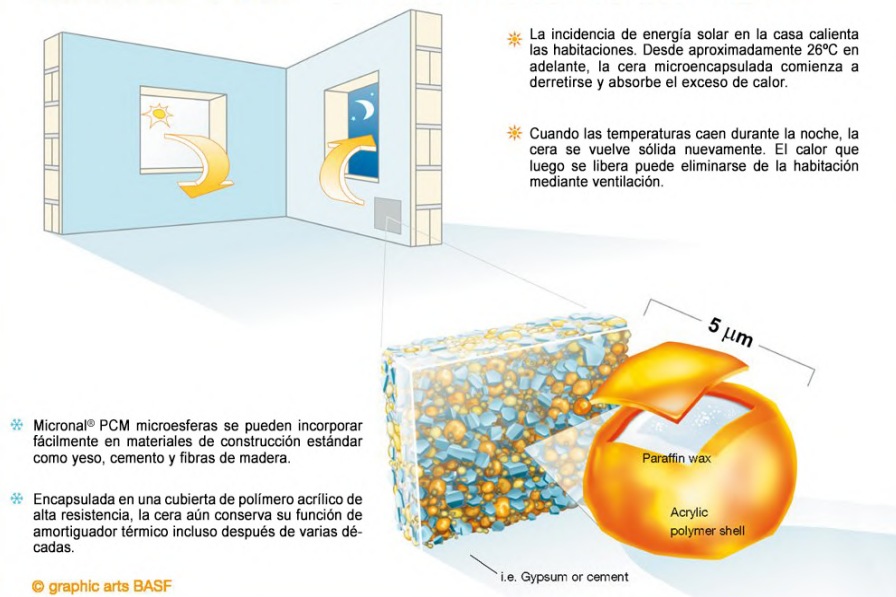
entre el exterior y el interior de 50 pascales. Se calculan el número de renovaciones por hora provocado por las filtraciones posibles y se confecciona la gráfica de flujo de aire y presión. Con estos datos se puede calcular la superficie de apertura de paso equivalente al total de las infiltraciones. Aunque no hay una normativa que limite la hermeticidad, como el caso de España que no recoge en su CTE más que la regulación de la ventilación controlada en su DB HS3 sobre la Calidad del Aire Interior, el estándar Passivhaus para tener una referencia, establece un límite de 0.6 renovaciones por hora en climas fríos.

#### 4.7 MASA TÉRMICA

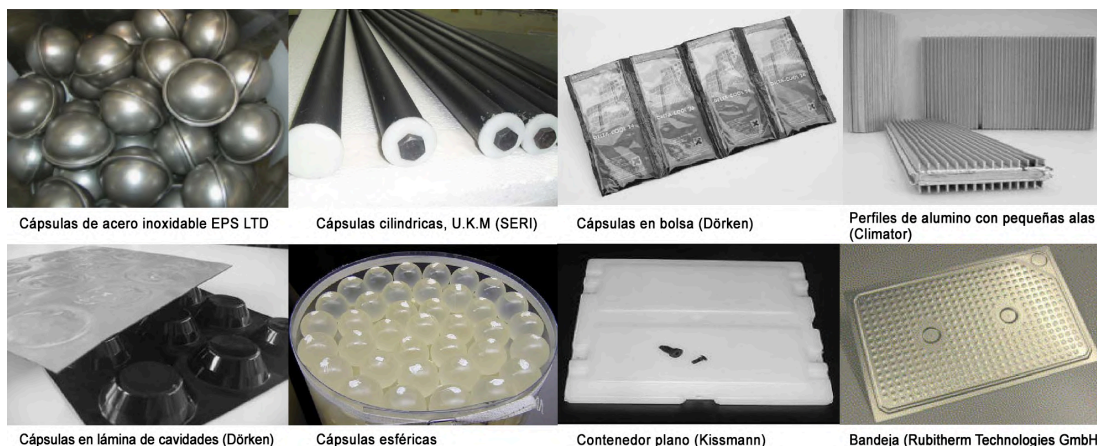
La masa térmica es una propiedad que ayuda a compensar las fluctuaciones de temperatura, suprimiendo los picos de temperatura. Los componentes de una alta inercia térmica almacenan en verano la radiación solar que entra durante el día por el acristalamiento y durante la noche emiten el calor guardado cuando se enfría el ambiente por la ventilación cruzada natural. Durante el invierno este aporte de calor durante la noche ayuda a templar el ambiente y que no se enfríe gracias a que el buen aislamiento lo mantiene. [Hegger. 2016]

A la hora de elegir el material de masa térmica como arcilla, piedra natural, ladrillo, asfalto fundido, hormigón y otros materiales pesados, hay que tener en cuenta que a corto plazo solo interesa el primer centímetro del material. Por eso se opta por materiales "inteligentes" con un alto calor latente, de cambio de fase (PCM) en un rango de temperatura estrecho propicio para la comodidad del ambiente que pueden ayudar a estabilizar las temperaturas internas. El cambio de sólido a líquido consume energía que se acumula y bajan las temperaturas y se enfría devuelve y en forma de emisión. Actúan como termorreguladores limitando la dependencia de sistemas de apoyo y reduciendo así el consumo energético. [certificadosenergeticos.com]

#### Micronal® PCM – Amortiguación térmica para días cálidos



56 PCM amortiguador térmico para los días de calor. Imagen traducida de inglés. [Web Architecture and Design]



57 Diferentes formatos de almacenaje y presentación para materiales de cambio de fase.

Hay muchas empresas que han explotado estos materiales y los han incorporado en elementos constructivos como la empresa Dupont con sus paneles Energain de cera de parafina y copolímero de etileno que se intercalan entre dos láminas de aluminio de 100  $\mu\text{m}$ . Estos paneles de apenas 5 mm de espesor se pueden instalar en paredes, tabiques, techos de placas de yeso.

Cuando se incorpora en una placa de yeso, conocida como SmartBoard por Knauf, BASF considera que 5 mm de su producto tiene las propiedades de masa térmica equivalentes a "un muro de hormigón de 140 mm de espesor o un muro de ladrillo de 3650 mm de espesor". Además, explican que una de las características únicas de Micronal PCM es que 1 g del material es equivalente a un área de superficie de 3  $\text{m}^2$ . El producto ha sido probado para 10.000 cambios de fase, sin pérdida de efectividad, lo que se dice que corresponde a un ciclo de vida de aproximadamente 30 años, prácticamente durante toda la vida del edificio.

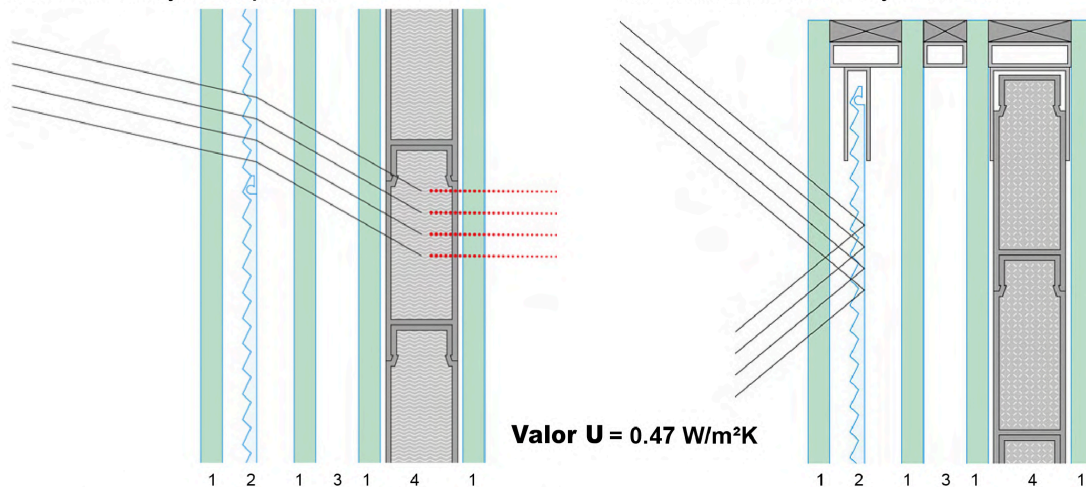
Dependiendo del uso final previsto del edificio, los materiales pueden impregnarse con un PCM graduado a una temperatura de almacenamiento de calor nominal establecida: generalmente 21, 23 o 26°C. Independientemente de la temperatura inicial, BASF sugiere que se puede lograr un "efecto de enfriamiento de aproximadamente de 3 a 4°C". Un ejemplo para poder comparar este dato es que los sistemas de aire acondicionado convencionales generalmente están diseñados para crear una diferencia de temperatura de 6°C. [ARCHITECTURE & DESIGN]

### APARTAMENTOS PARA PERSONAS MAYORES, DOMAT/EMS, SUIZA. 2004

Buen ejemplo del uso de vidrio con propiedades de cambio de fase GLASSX en diseño de la fachada. Un acristalamiento puede resultar un gran potencial como elemento de masa térmica ya que su instalación en fachada hace que se exponga a la orientación que más convenga para la captación de temperatura. Un ejemplo de esta combinación es el vidrio aislante GLASSX de la empresa suiza GlassX AGis incorpora un material de cambio de fase (PCM) que almacena la energía térmica de las temperaturas exteriores reduciendo drásticamente la producción de los sistemas mecánicos de calefacción y refrigeración.

Plano sol de invierno  $<35^\circ$   
Paso de los rayos sin pérdida

Altura en sol en verano  $>40^\circ$   
Reflexión total de los rayos directos



- 1: Cuatro vidrios de seguridad, 6 mm espesor cada uno
- 2: Panel de prismas de 6 mm de doble acristalamiento con cavidad (20 mm) relleno con gas inerte
- 3: Doble acristalamiento cavidad (12 mm) relleno con gas inerte
- 4: Doble acristalamiento cavidad (22 mm) con Panel de Material de cambio de fase y una capacidad de almacenaje de 1185  $\text{kWh/m}^2$

58 Detalle funcionamiento GlassX. Imagen traducida de inglés.

EXAMPLES OF SPECIAL FEATURES PH and Phase Change Materials. [Ernst Heiduk]

Una unidad de acristalamiento con aislamiento exterior (IGU) tiene un filtro prismático suspendido (como una lente Fresnel) entre los paneles de vidrio que refleja la luz solar con un ángulo alto mientras que transmite la luz solar de ángulo bajo. Esto ofrece un mecanismo de control solar "pasivo" para el vidrio cuando está orientado a Sur para evitar la mayor parte del sol de verano, mientras se beneficia del sol de invierno de ángulo inferior. La luz del sol que pasa a través de esta IGU externa pasa a una IGU interna que está llena de canales de policarbonato sellados en los que se encapsula un PCM translúcido de sal-hidrato. Los PCM almacenan mucho calor a medida que cambian de fase de sólido a líquido (fundido) en un rango de temperatura estrecho, luego liberan ese calor a medida que se enfrían. El hidrato de sal utilizado en GlassX se derrite y se congela en el rango de temperatura de 26-30°C.



59 Fachada Sur acristalada. Fachada Norte más compacta. Interior apartamento. Detalle de GlassX.

[DETAIL 06/2007]

Dos revestimientos separados de baja emisividad y gas de baja conductividad llenan los dos espacios exteriores de vidrio sellado que ayudan a empujar el calor desde el PCM hacia adentro mientras disminuyen la pérdida de calor hacia el exterior. Los aspectos más destacados incluyen: una reducción de gastos en calefacción/refrigeración aproximadamente 1/3 a 1/2 durante el año; la temperatura interior se puede reducir de 4°C a 6°C en climas templados e incluso hasta 12°C en climas más cálidos durante los meses de verano, lo que contribuye a la comodidad de los ocupantes y al ahorro de energía mediante la reducción de las cargas de enfriamiento. [International Conference Contemporary Achievements in Civil Engineering. 2018]

El edificio de apartamentos de Dietrich Schwarz en la comuna suiza de Domat / Ems son un buen ejemplo del uso de GlassX en toda su fachada sur. Este proyecto ganador del Swiss Solar Prize en 2006 consta de 20 viviendas de dos habitaciones con una superficie de 57 m<sup>2</sup> cada una, que se distribuyen en cuatro plantas y están diseñadas para satisfacer las necesidades de las personas mayores con discapacidad. El edificio es un ejemplo de construcción económica y que ahorra energía. Mientras que la fachada sur del volumen alargado está completamente acristalada, la cara norte representada está en gran parte cerrada. Esto se refleja en el diseño: a lo largo del lado norte, las viviendas están flanqueadas por una amplia zona de acceso con áreas de descanso y espacios de almacenamiento privados. A través de una gran ventana, el rincón de comedor en la cocina también está orientado a la escalera semipública. En contraste, en la sala de estar y dormitorio orientados al sur, los residentes pueden disfrutar de su privacidad y de una vista al paisaje montañoso. La forma sólida de construcción, que consiste en losas de hormigón y paredes de ladrillo arenoso de 12-18 cm, permite una explotación pasiva de la energía solar. Con una capa externa de aislamiento de 20 cm, el desarrollo cumple con el estándar suizo de energía pasiva. [DETAIL 06/ 2007]

#### 4.8 GENERADOR DE ENERGÍA\_INSTALLACIONES

Mientras siga el aumento en el precio de la energía, la preocupación por la seguridad del suministro de energía, junto al daño ambiental causado por el alto nivel de CO<sub>2</sub>, las emisiones y la transición políticamente respaldada a fuentes de energía renovables, fachadas y techos son cada vez más protagonistas y de gran medida generadores de energía. Hay muchas formas de integrar la tecnología de generar calor o electricidad en la propia envolvente del edificio. Al reducir el consumo, optimizar la piel del edificio y con el resto de los componentes técnicos demandados, es posible,

no sólo en la construcción de edificios residenciales, en obra pública, sino también en rehabilitaciones de existentes, todos ellos pueden llegar a cubrir su propio consumo de energía con energía renovable creada alrededor del propio edificio. [Hegger. 2016]

#### 4.8.1 Fotovoltaica

La energía fotovoltaica en un edificio crea electricidad a partir de la luz del día, para el consumo propio, cesión a red pública o almacenaje en baterías. Los módulos solares están formados por células solares individuales que al incidir la luz en ellos emiten electrones creando una corriente continua. La conexión de paneles entre sí hace más eficiente el área disponible y mayores resultados. Esta corriente continua se convierte en alterna 250 V 50 Hz por medio de un inversor para el uso doméstico, red pública o acumulación. Sin embargo, el potencial real de la tecnología fotovoltaica y solar térmica para generar energía radica en integrarla en la envolvente del edificio. Asegurar que en casos de fachadas verticales tenga la mínima sombra total o parcial y a pesar de la insolación por uso pueda funcionar de igual manera que módulos perfectamente orientados en cubierta.

Un diseño integrado permite que estos módulos formen parte de ventanas, tejados, proporcionen vistas a través de áreas de vidrio o privacidad, así como protección contra el clima y el sol. Generalmente estos módulos se fabrican específicamente para cada proyecto, aunque utilizar tamaños estándar reduce considerablemente su coste. Un diseño propio puede controlar tanto la disposición, orientación, dimensiones, formas, etc. para conseguir el máximo rendimiento por metro cuadrado de panel. Algo que optimizará su funcionamiento será asegurar una ventilación trasera que transporte el calor generado. La temperatura de funcionamiento óptima es de 25°C con una caída de 0.4% por ° C. La suciedad en la superficie fotovoltaica reduce también su producción, aunque una inclinación entre 3-5° hacen que la lluvia las auto limpie. La elección dentro del mercado se realiza según unidades utilizadas, rendimiento previsto y precio del módulo. [Hegger. 2016]

### ESCUELA INTERNACIONAL DE COPENHAGUE, NORDHAVN, DINAMARCA. 2017

CIS Nordhavn es un nuevo edificio escolar diseñado por C.F.Møller para la Escuela Internacional de Copenhague, ubicado en un sitio destacado en el nuevo distrito Nordhavn de Copenhague. El edificio escolar de 25.000 m<sup>2</sup> es la escuela más grande de Copenhague y tiene capacidad para 1.200 estudiantes y 280 empleados.

La arquitectura educativa moderna está diseñada para vincular las instalaciones de la escuela con la esfera pública en el entorno urbano y darle a la escuela un ambiente abierto. El paseo fuera de la escuela se convertirá en un espacio urbano del puerto que brindará oportunidades para la relajación y diversas actividades.

El edificio principal de la escuela se subdivide en cuatro “torres” más pequeñas, de cinco a siete pisos, cada una especialmente adaptada para satisfacer las necesidades de los niños en diferentes etapas de desarrollo. Por ejemplo, las aulas para los alumnos más pequeños son particularmente grandes: se llevará a cabo una amplia gama de funciones dentro y alrededor del aula, cada una de las cuales tiene



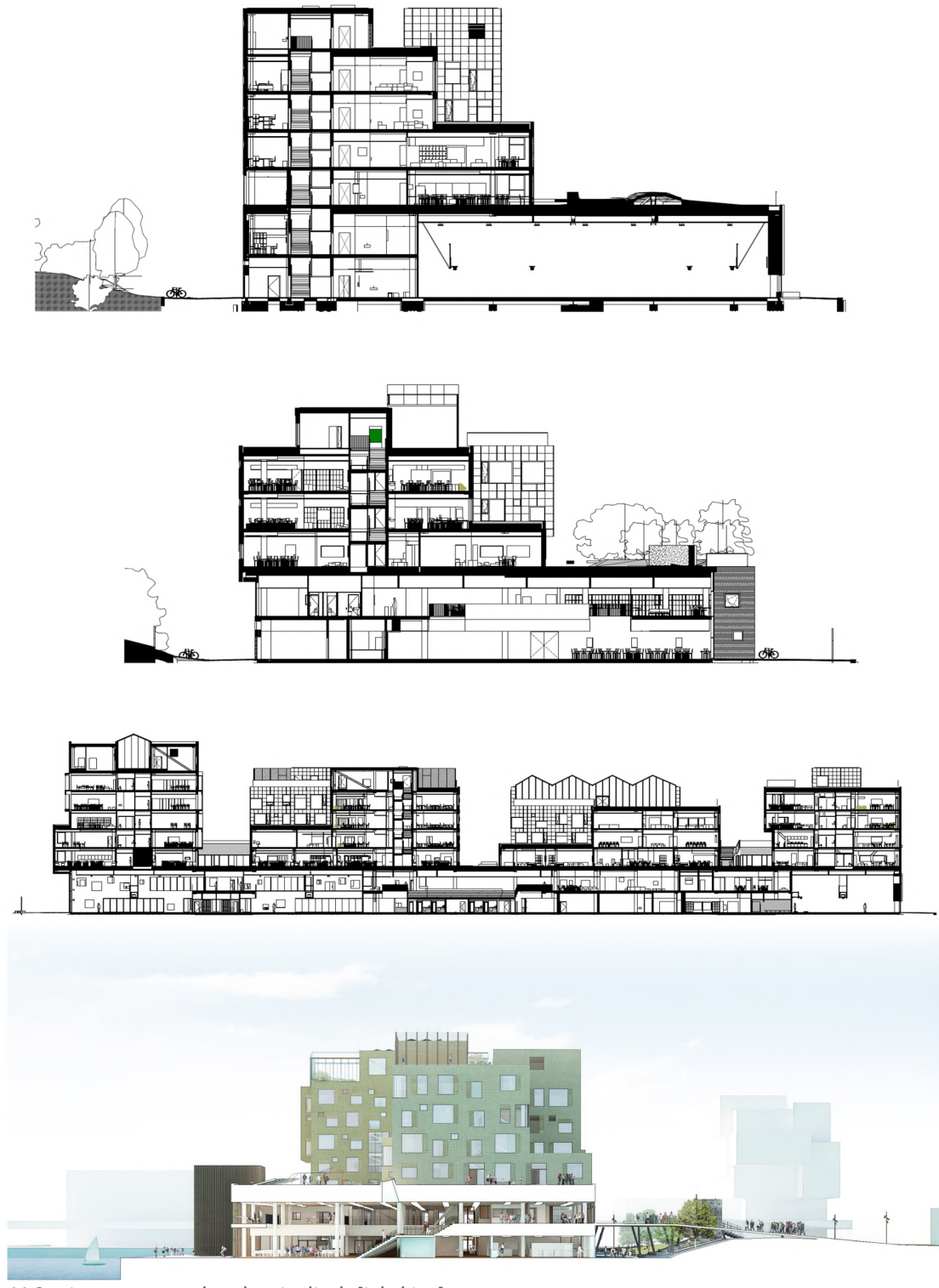
60 Vista aérea Escuela Internacional. [euroluttbild. Robert Grahn]



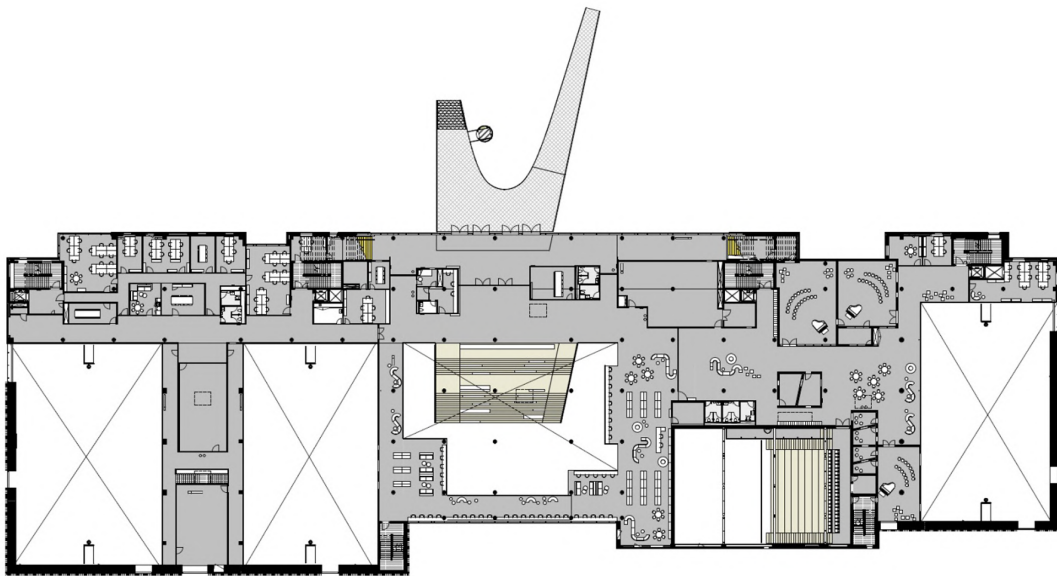
4 CRITERIOS AKTIVHAUS

espacios verdes designados y áreas con instalaciones de teatro / actuación, educación física, etc. La subdivisión de la escuela en cuatro unidades facilita la comunidad, la identidad y la búsqueda de caminos.

Las cuatro unidades escolares están construidas sobre la base de la planta baja, que contiene actividades comunes y más extrovertidas, que incluyen un vestíbulo, instalaciones deportivas, un comedor, una biblioteca e instalaciones para espectáculos. Por lo tanto, las unidades del aula pueden cerrarse fuera del horario escolar normal, mientras que las áreas comunes permanecerán abiertas para eventos escolares y de la comunidad local. [archdaily]



61 Secciones transversales y longitudinal. [inhabitat]



62 Planta Baja. Primera, segunda y tercera con aulas. [aasarchitecture]



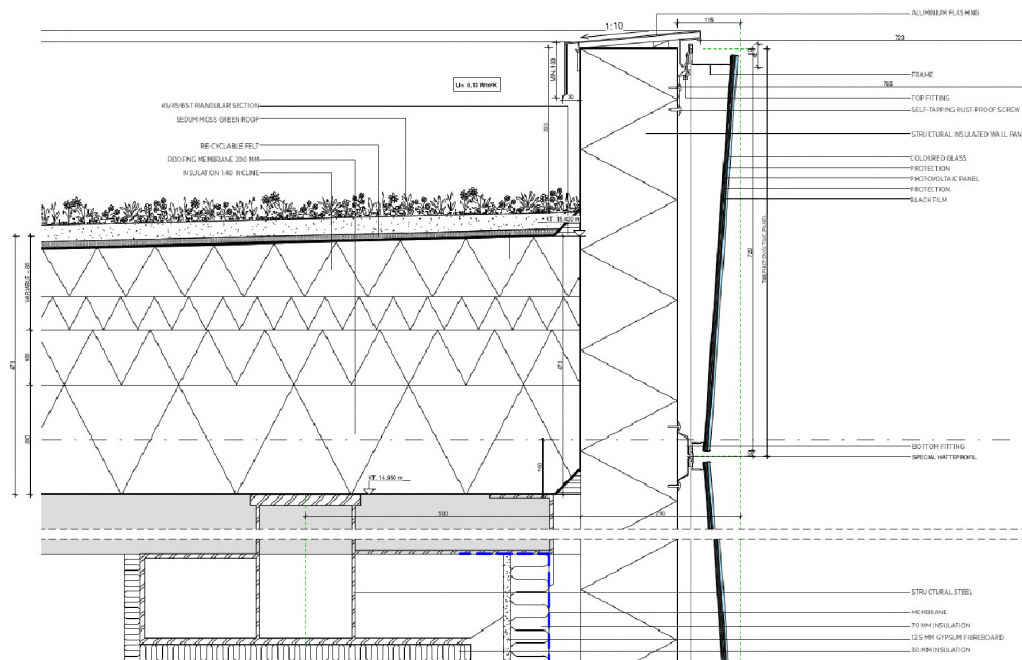
63 Vistas de la fachada desde diferentes orientaciones. [ThePlan.it magazine]

La base incluye una azotea común que funcionará como un patio de recreo para toda la escuela, y los alumnos más pequeños en particular. El patio de recreo elevado de la escuela proporciona un entorno seguro, lo que evita que los estudiantes se acerquen demasiado al agua o se desvíen de las instalaciones de la escuela.

La fachada única del edificio escolar está cubierta por 12.000 paneles solares, cada uno en ángulo individual para crear un efecto de lentejuelas, que suministran más de la mitad del consumo eléctrico anual de la escuela. Las células solares cubren un área total de 6.048 m<sup>2</sup>, lo que la convierte en una de las plantas de energía solar integradas en edificios más grandes de Dinamarca, y se estima que produce más de 200 MWh al año.



64 Vistas interiores con la entrada de luz natural a las zonas comunes situadas en la planta baja del edificio. [ThePlan.it magazine]



65 Sección constructiva, detalle de la cubierta verde y paneles fotovoltaico.

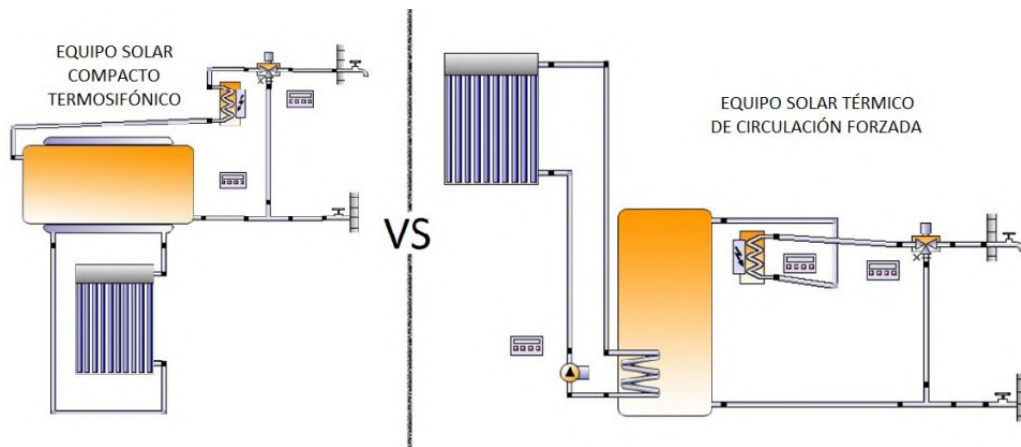
### 4.8.2 Tecnología Solar Térmica

La tecnología solar térmica proporciona los medios para crear energía con un procedimiento bastante sencillo para calefacción, refrigeración y suministro de agua caliente sanitaria. Estos equipos disponen de unos paneles solares térmicos o llamados también "captadores". Pueden ser plano o de tubo de vacío. Los colectores capturan la radiación solar, expulsan ese calor a través de un medio de transferencia o intercambiador en un circuito primario que suele ser agua y anticongelante. Este calor se trasfiere a un circuito secundario donde está el agua a un tanque de almacenamiento de agua caliente lista para su uso. [Hegger, 2016]



66 Colector de termosifón. Colector de circulación forzada. [Archiproducts]

Este sistema se ha venido utilizando fundamentalmente para producción de agua caliente sanitaria (ACS) y para sistemas de calefacción en suelos radiantes. Hay muchos tipos de colectores que generan energía solar térmica, se clasifican en sistemas pasivos o por termosifón y activos o de circulación forzada.



67 Sistema solar térmico termosifón vs sistema de circulación forzada. [Ecofener]

Los de termosifón son fáciles de reconocer por su depósito elevado o sobre los paneles solares térmicos. El agua que se acumula en el depósito desciende por gravedad a los paneles donde recibe el calor de la radiación solar. Al calentarse y por el proceso natural de llamado termosifón, pierde peso y asciende nuevamente al depósito desde donde se distribuirá para el uso.

Los sistemas de circulación forzada son soluciones para necesidades de agua caliente en mayor volumen y por eso son necesarias una o varias bombas eléctrica que aseguran el funcionamiento del circuito. La elección de este sistema ha de tener en cuenta la durabilidad, el mantenimiento y la eficiencia que ofrece un equipo de energía solar térmica. Los equipos de circulación forzada que tienen bombas hidráulicas requieren una revisión mayor para asegurar su eficiencia. Sobretudo los principales problemas a controlar son la corrosión del acumulador de agua (con un cambio anual del ánodo de magnesio que protege al sistema del ataque de la cal) o el caso de temperaturas bajas que produzcan pérdidas de anticongelante y haya que reponer frecuentemente.

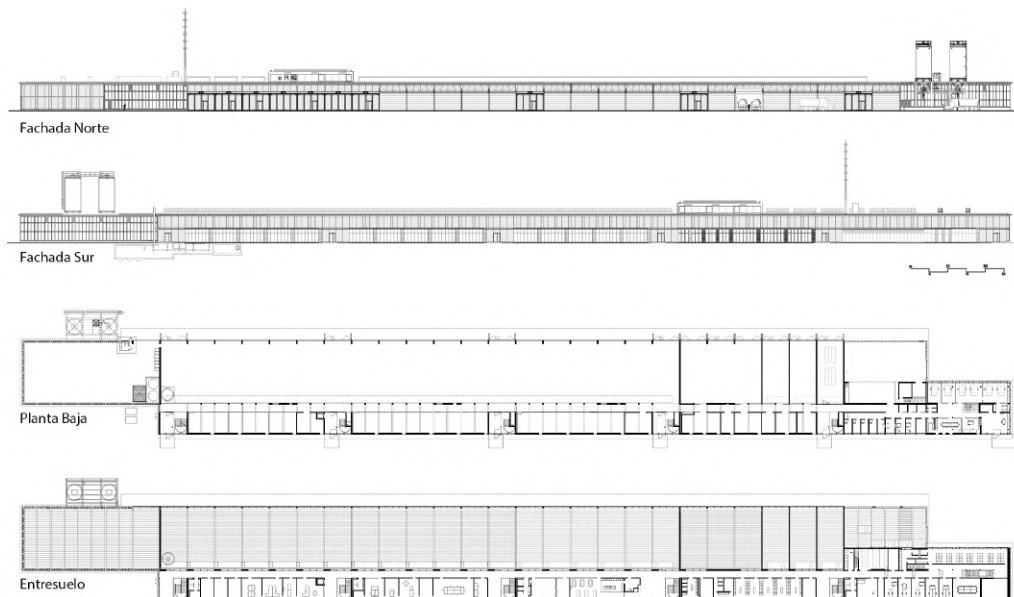
Si evaluamos su eficiencia sabiendo que pueden trabajar incluso en días nublados o fríos pueden llegar a coeficientes de eficacia de 80 a 90%. [cambioenergetico.com]

## CENTRO NACIONAL DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS CERN, BURSINS, SUIZA. 2006



68 Detalle fachada Sur CeRN. [Hatt, Fred]

El edificio CeRN es un buen ejemplo de cómo las fachadas son multifuncionales, ofreciendo tanto protección contra la intemperie y ganancia de energía. Para conseguir el rendimiento solar óptimo los captadores solares de acero inoxidable utilizados están protegidos por un recubrimiento resistente al envejecimiento en condiciones exteriores.



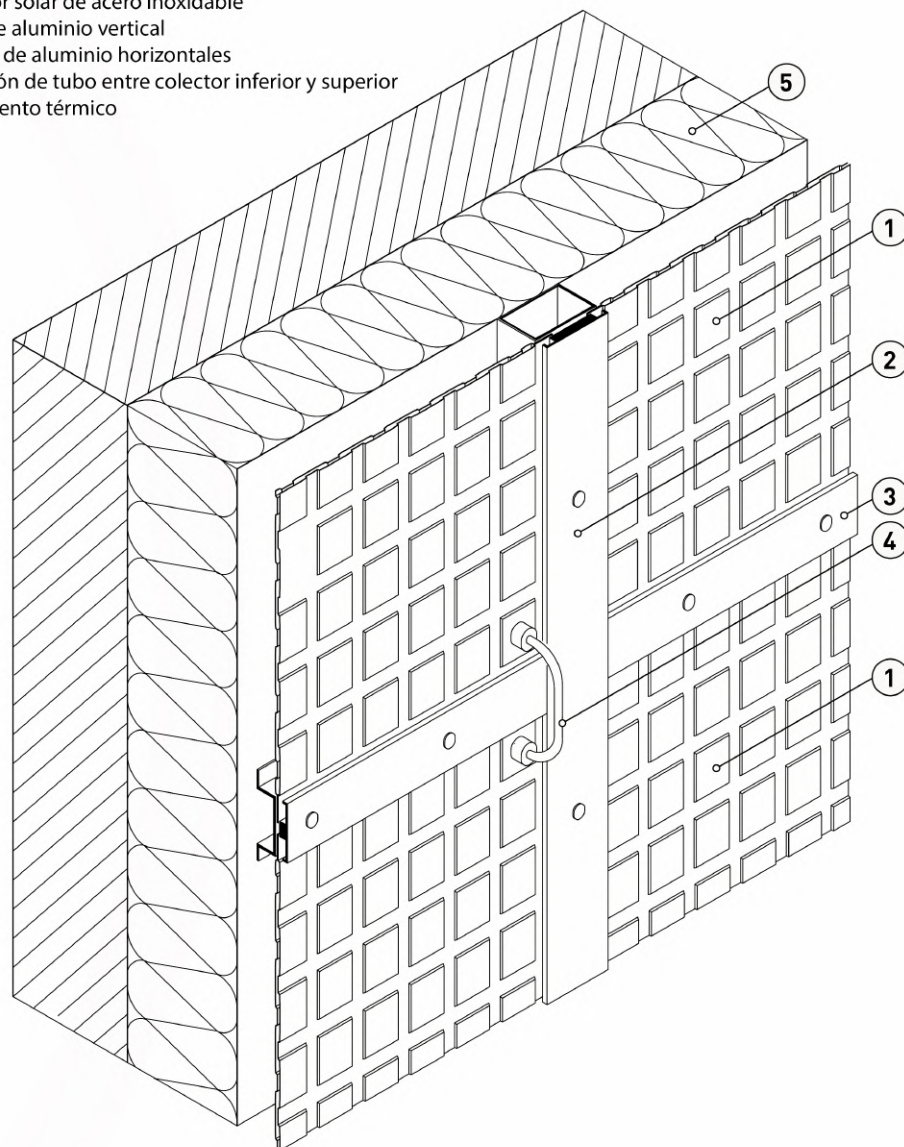
69 Alzados y plantas del edificio nuevo de mantenimiento en Bursins. [Departamento de Infraestructuras Canton de Vaud]

Hay que destacar la solución de la fachada sur del edificio cubierta con colectores solares térmicos. La posición vertical de los colectores proporciona una buena relación entre las ganancias solares y la integración arquitectónica. El resultado proporciona un rendimiento óptimo durante los meses más fríos del año cuando se requiere calefacción. Los colectores producen la máxima energía en la

temporada de invierno que se utiliza para calentar el suelo del edificio. Durante el verano, el sistema todavía produce suficiente energía para las necesidades de agua caliente del edificio.

Los colectores solares funcionan como absorbentes de radiación solar y como material multifuncional de revestimiento de fachadas. No son solo un elemento adicional del edificio. Los recolectores ayudan a cumplir con los criterios económicos y de sostenibilidad del proyecto. La fachada solar está formada por captadores de acero inoxidable. Estos paneles contienen intercambiadores de calor por los que circula el fluido considerado portador del calor. El captador solar térmico está compuesto por dos láminas de acero inoxidable de 0,6 mm de espesor cada una. Los patrones cuadrados espaciados regularmente están estampados en las hojas en relieve. Las láminas frontal y posterior están soldadas con costura en la periferia y soldadas por puntos entre cada abolladura, lo que proporciona estabilidad de forma, incluso a niveles de presión de 3 bares. Las dos hojas se ensamblan por las caras posteriores con los picos y depresiones desplazados entre sí para que el fluido pueda fluir a través de los huecos resultantes. Este principio asegura un flujo de agua uniforme. La transferencia de calor es particularmente eficaz ya que el fluido está en contacto con casi toda la superficie de la hoja absorbente. El revestimiento selectivo tiene un coeficiente de absorción ( $\alpha$ ) de 0,95 y un coeficiente de emisión ( $\epsilon$ ) de 0,15. El revestimiento de los captadores resiste las condiciones climáticas exteriores sin alteraciones. Los paneles solares cubiertos con este revestimiento selectivo se pueden instalar sin protección de vidrio. A diferencia de los captadores convencionales, la radiación solar llega a la superficie del captador sin absorción parcial o reflexión por el vidrio. Esto minimiza el efecto del ángulo de inclinación y acimut. Se utiliza un sistema de calefacción combinado para calefacción de suelo a baja temperatura y producción de agua caliente.

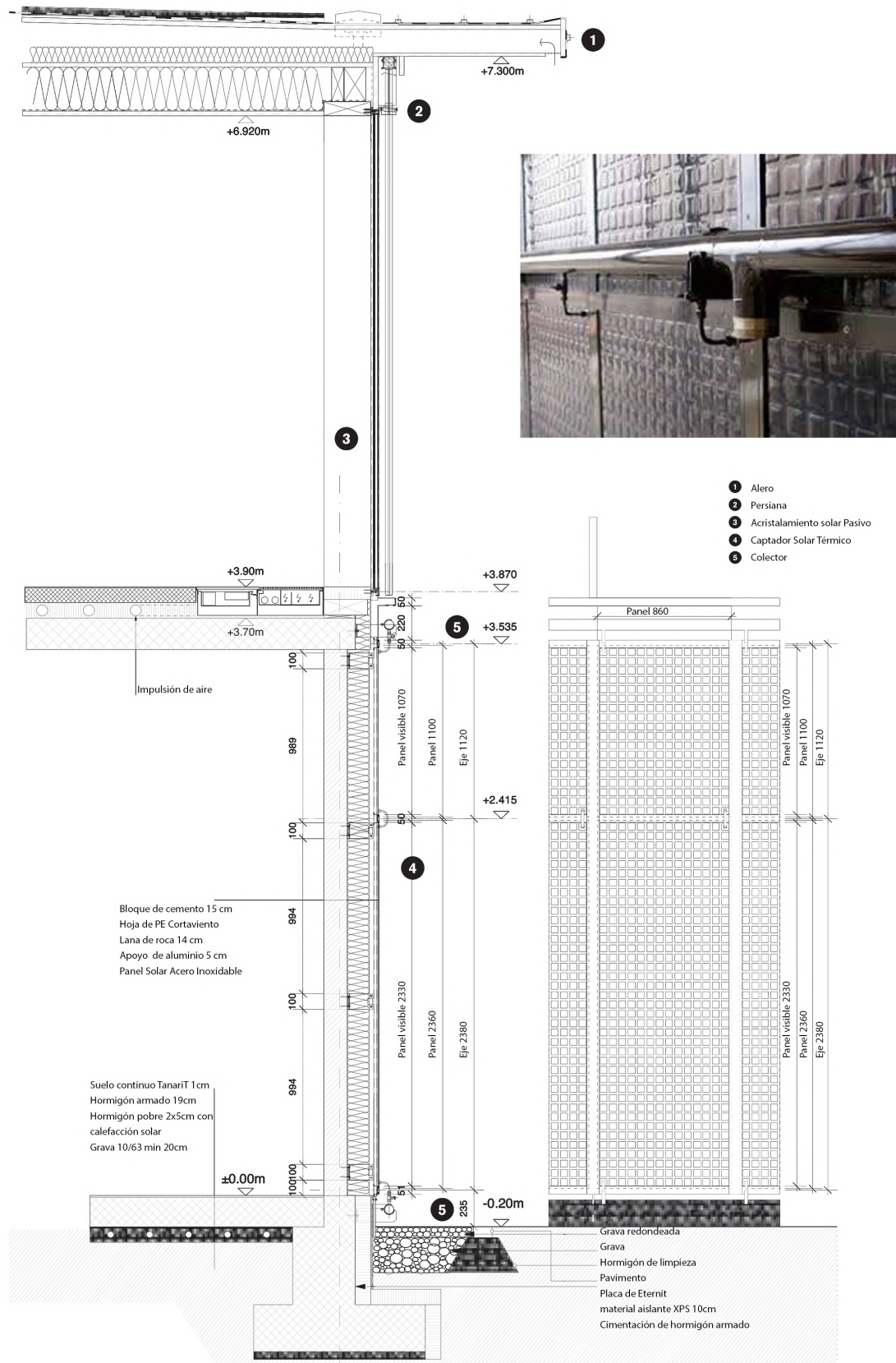
- 1 Colector solar de acero inoxidable
- 2 Perfil de aluminio vertical
- 3 Perfiles de aluminio horizontales
- 4 Conexión de tubo entre colector inferior y superior
- 5 Aislamiento térmico



70 Vista detallada de la conexión superior de los colectores solares a las ventanas de la planta superior. [Forum Internacional Acero Inoxidable ISSF]

4 CRITERIOS AKTIVHAUS

La fachada solar, con una superficie de 590 m<sup>2</sup> orientada al sureste, proporciona alrededor del 40% de las necesidades de calor anuales. El resto se proporciona a través de una caldera de astillas de madera de 240 kW que quema madera de desecho del mantenimiento de carreteras. La protección térmica incorporada en el edificio significa que los requisitos de calor anuales son solo de 30 kWh/m<sup>2</sup>. [Forum Internacional Acero Inoxidable ISSF]



71 Detalle constructivo fachada Sur. Imagen traducida de francés.

[Departamento de Infraestructuras Canton de Vaud]

Trabajo Fin de Grado | Patricia Domingo Gimeno 58

#### 4 CRITERIOS AKTIVHAUS

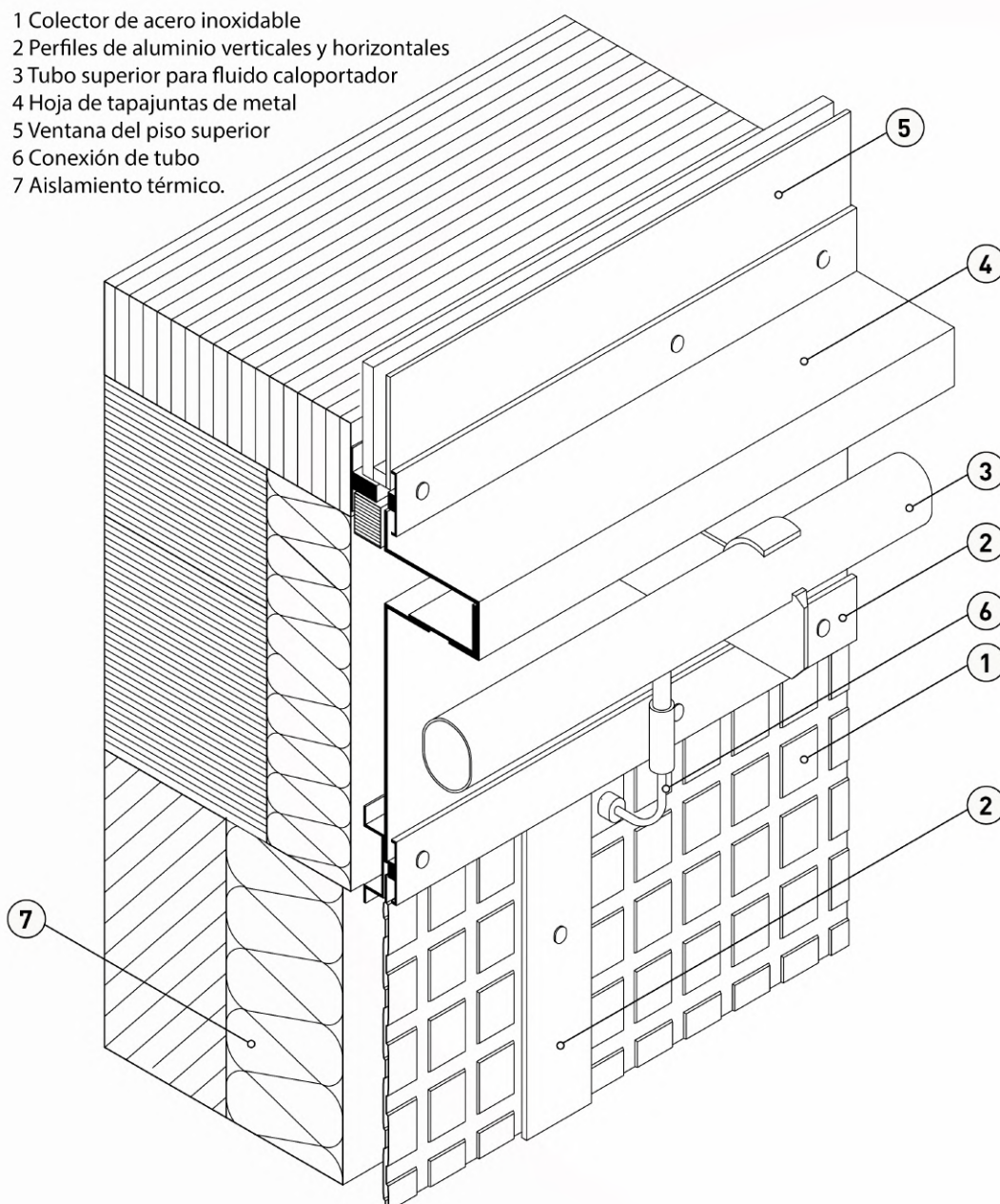
Los paneles tienen una longitud modular, por lo que se ajustan a las demandas modulares del edificio. Los paneles pesan alrededor de  $10\text{kg/m}^2$ , una consideración importante para un fácil montaje.

Los paneles colectores se fijan mediante perfiles de aluminio con juntas de EPDM1. Los perfiles se utilizan para la fijación de revestimientos metálicos convencionales. Una vez montada, la fachada es estanca y duradera.

La posición de los colectores solares tiene una influencia relativamente baja en su grado de eficiencia, lo que permite una gran flexibilidad en la integración del edificio. Son posibles planos inclinados con ligeras pendientes, cubiertas curvas o muros solares verticales en fachadas.

Las pruebas y la experiencia han demostrado que el concepto de captador es extraordinariamente eficaz a temperaturas relativamente bajas o en climas templados. En estas condiciones, las instalaciones dan resultados iguales o incluso superiores a los de los captadores con cobertura de vidrio. A diferencia éstos últimos, éstos no se sobrecalientan.

La fachada norte se ha completado con elementos de acero inoxidable de la misma geometría. Los elementos tienen el mismo aspecto que los del lado sur, pero están hechos de una sola hoja de acero inoxidable y no son térmicamente activos. [SHC Energía Solar y Arquitectura. Criterios y directrices para desarrollo de productos y sistemas]



72 Detalle de la unión de cuatro colectores solares. [Forum Internacional Acero Inoxidable ISSF]



### 4.8.3 Tecnología Geotérmica

La tecnología geotérmica aprovecha el calor geotérmico cercano a la superficie. Dependiendo de la profundidad de explotación se diferencian en:

La energía geotérmica **superficial** se obtiene desde los 30 a los 400 metros de profundidad. Las instalaciones más frecuentes de este tipo se encuentran entre 120 y 150 metros. A esta profundidad, la temperatura del suelo está entre 12° y 15°.

Esta forma de energía geotérmica individual, es la más extendida. Se extrae energía del subsuelo utilizando una (o más) sonda vertical. El líquido se inyecta en un tubo en forma de U. Se calienta en contacto con el calor del subsuelo y luego se eleva a la superficie.

Generalmente, el calor recuperado no es suficiente y debe ser impulsado por una bomba de calor para suministrar radiadores o calefacción por suelo radiante. En verano, el sistema se puede utilizar a la inversa. Es decir, la temperatura baja del subsuelo se puede utilizar para refrescar un hogar.



73 Funcionamiento energía geotérmica. Imagen traducida de inglés. [Agencia de Energías Renovables]

La energía geotérmica **profunda** es la que se obtiene desde 400 hasta los 4000 metros de profundidad. La temperatura del agua entre 1 y 4 kilómetros de profundidad alcanza entre 40° y 130°. La explotación más habitual de este tipo de energía geotérmica es la hidrotermal. Los balnearios más conocidos en España y en otras partes del mundo, emplean este sistema de energía renovable para sus instalaciones.

Una bomba recupera el agua presente en el suelo usando un pozo llamado "producción". A través de un intercambiador de calor, la energía térmica de esta agua se toma e inyecta en otro líquido a una red de calefacción remota. Se puede producir electricidad, si la temperatura del fluido geotérmico es suficiente.

Energía geotérmica de **gran profundidad** se obtiene entre los 4000 y 6000 metros de profundidad. La temperatura de la roca a esta profundidad alcanza los 200°. La recuperación de esta energía hace posible producir electricidad y calefacción. La explotación de la energía geotérmica a gran profundidad requiere una perforación para llegar a esta roca.

Luego, se lleva a cabo una fracturación con agua a alta presión para mejorar la permeabilidad de esta roca. El agua se inyecta en esta fractura a través de un segundo pozo, se calienta por contacto con la roca y luego se bombea a la superficie.

Con la ayuda de un intercambiador de calor, la energía térmica se calienta y transforma en un gas presurizado un líquido de trabajo. El gas impulsa los albes de un turbogenerador y produce electricidad.

El calor residual se inyecta en una red de calefacción remota. El agua bombeada se devuelve al suelo después de enfriarse. La tecnología EGS (Sistema de Estimulación Geotérmica Mejorada) es prometedora pero tiene riesgos geológicos que requieren estudios avanzados. [TECPA]

La mayoría de los sistemas geotérmicos cercanos a la superficie utilizan el calor almacenado en las capas superiores de la tierra para calefacción y refrigeración. Utilizan colectores, circuitos de tierra, pilas de energía y sistemas de aguas termales para extraer calor o ceder calor al suelo a través de un líquido circulante. Todo este sistema requiere menor mantenimiento que sistemas de fuente de aire, ya que sus componentes están bajo tierra, o en el interior. Las bombas de calor hacen que este calor, que generalmente se toma de fuentes de baja temperatura, esté disponible para su uso. Los sistemas de construcción pueden enfriarse mediante sistemas similares sin usar bombas de calor. [Hegger, 2016]

Las bombas de calor geotérmicas cuestan más de instalar que las bombas de calor de fuente de aire debido a los costes de excavación y al coste del circuito del sistema. Recuperará su costo inicial en cinco a diez años mediante ahorro de energía. Las ayudas estatales para los sistemas de mejora de eficiencia ayudan a compensar este mayor coste inicial. Además, la unidad interior geotérmica tiene una vida útil de unos 25 años en comparación con los 15 años de una unidad de fuente de aire.

**Ventajas** de los sistemas de Intercambio Geotérmico SIG:

- Proporciona energía de carga base y fiable a un coste relativamente bajo.
- Genera una producción estable sin interrupción a lo largo de las diferentes estaciones del año sin desajustes entre suministro y demanda de calor y frío.
- Es una fuente de desarrollo local al generar estabilidad energética durante décadas, evitando los incrementos de precio en la energía procedente de otros lugares.
- Son fáciles de aplicar en entornos urbanos.
- El impacto visual es mínimo, porque la mayor parte de la instalación está enterrada.
- Los riesgos tecnológicos implicados son relativamente bajos.
- Es una tecnología ampliamente probada.
- Aumento de la calidad del aire.
- Disminución de los peligros derivados del transporte y la manipulación de combustibles.
- Ahorro económico. Existen estudios que afirman que en una vivienda de unos 150 a 180 m<sup>2</sup> el ahorro económico asciende al 70%.
- El tiempo de retorno es muy bajo. Una instalación de geotermia se amortiza entre cuatro y seis años, lo que la convierte en una inversión atractiva. [TECPA]

## COOPERATIVA VIVIENDAS EAI 310, EAI ARQUITECTURA, MADRID, ESPAÑA. 2016

La cooperativa EAI 310 es el resultado de una iniciativa de varios padres de los colegios del distrito de Chamartín. Con el objetivo de conseguir viviendas más grandes a un precio accesible, dentro del barrio donde ya residían y donde sus hijos iban al colegio, se organizaron para comprar el terreno de la antigua sede de la Gerencia Municipal de Urbanismo de Madrid (situada entre la calle Guatemala y la avenida Alfonso XIII). Apostaron por la aplicación de la energía geotérmica, junto a la aplicación de otras medidas de ahorro energético como la fachada ventilada, la alta capacidad aislante de los materiales, la doble orientación de las viviendas y el suelo radiante, entre otras, ofrece unos datos de consumo de energía muy positivos: 15 kWh/m<sup>2</sup> al año (el valor de referencia medio en Madrid es de 248,2 kWh/m<sup>2</sup> año, 16 veces el de este edificio) y unas emisiones de 3 kg. de CO<sub>2</sub> /m<sup>2</sup> al año (siendo el dato medio de emisión de 56,3 kg. de CO<sub>2</sub> /m<sup>2</sup> al año, es decir, 19 veces más).



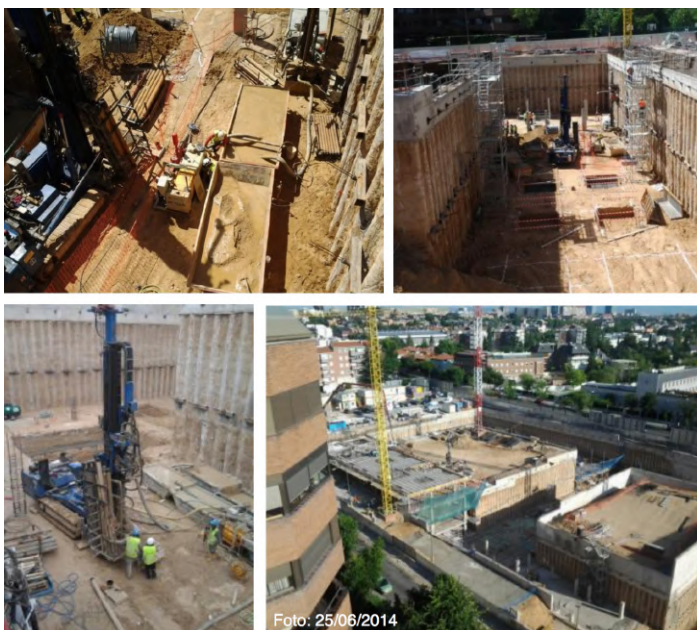
74 Vista del complejo de viviendas EAI 310. [ARCADIS 2017]

La geotermia permite aprovechar el calor almacenado en el subsuelo y utilizarlo para climatizar una vivienda. La instalación, un sistema geotérmico cerrado, es la mayor de España para uso residencial y una de las mayores de Europa de este tipo. [El Mundo Economía 6 julio 2016]

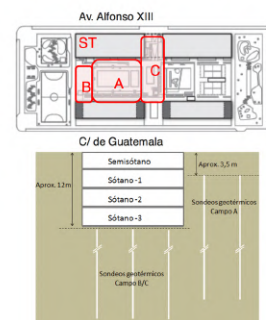
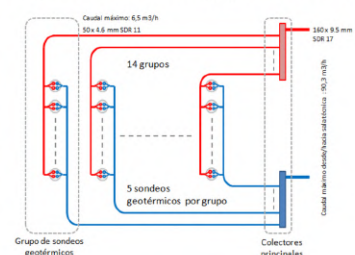
El proyecto EAI310 es un buen ejemplo de la Trias Energética, un concepto simple y lógico que ayuda en tres pasos a lograr un ahorro de energía

Un sistema geotérmico es parte de una instalación mayor. Un diseño y una ejecución integrada y optimizada que requieren trabajo en equipo y disposición para colaborar entre expertos de las diferentes partes de un edificio.

La colaboración de profesionales de diferentes sectores con un enfoque compartido hacia la eficiencia energética ha dado como resultado un concepto energético optimizado y una buena integración del sistema geotérmico en el sistema de climatización. La monitorización es importante para la gestión y optimización de un Sistema de Intercambio Geotérmico. El sistema está funcionando bien, dando un gran confort a los vecinos. [ARCADIS 2017]



Esquema de conexión: 14 grupos de 5 sondeos



75 Fotos de las 70 perforaciones de 125 m y sondeos previos a la construcción de la cimentación del complejo. Esquema de conexión. Campo de sondeos geotérmicos. [ARCADIS 2017]

#### 4.8.4 Iluminación Natural

El uso óptimo de la luz natural es un aspecto clave del diseño del edificio y debe considerarse en el proceso de planificación preliminar. Se analizan las influencias externas, como los factores de luz diurna y la trayectoria del sol, y se extraen conclusiones sobre la sombra de los edificios y árboles circundantes. El diseño detallado examina el mejor uso de la luz de fuentes naturales para cubrir la demanda de iluminación. La profundidad del edificio y de la habitación, las alturas de las habitaciones, el posicionamiento, el tamaño y el carácter de las aberturas del edificio, y las formas y acabados de las superficies tienen una influencia decisiva en las cualidades de la luz del día. Los tragaluces pueden crear un nivel uniforme de iluminación dentro de un edificio. Para hacer esto, las ventanas no deben estar separadas más que la altura de la habitación.

El uso efectivo de la luz del día exige un medio flexible de control mediante sistemas de protección contra el deslumbramiento y el sombreado. En situaciones residenciales y laborales, la primera preocupación es crear buenas condiciones visuales. Los sistemas también ayudan a regular la entrada de calor solar y, por lo tanto, permiten al usuario reaccionar a las condiciones cambiantes durante el año. Otras medidas pasivas y activas mejoran las condiciones de luz interna del día, las vistas dentro y fuera, y el estado de ánimo de una habitación. Estos incluyen persianas y vidrios que desvían la luz, persianas de listones integradas en las unidades de acristalamiento, reveladores de ventanas en ángulo, alturas de dintel, tragaluces y ventanas de techo, y tuberías de luz, que conducen la luz del día a lugares no adyacentes a una fachada externa. La elección del material y el color para el sombreado y el tinte de vidrio debe hacerse teniendo en cuenta la impresión de color anticipada en el interior y la percepción de color deseada. El uso eficiente de la luz del día en los edificios es esencial para promover y mantener la salud física y psicológica de las personas, y reducir el consumo de energía al minimizar el uso de luz artificial. Las aberturas de los edificios deben tener el tamaño adecuado para evitar el sobrecalentamiento en verano, pero mantener el calor dentro en invierno. Generalmente tienen valores U más pobres que las paredes circundantes o las superficies del techo, y la radiación solar genera calor a través de ellos. Por lo tanto, el rendimiento energético de la envolvente del edificio está estrechamente relacionado con su uso de la luz del día. Además de la forma del edificio, el diseño debe apuntar al equilibrio correcto entre el uso de la luz del día, la entrada de calor solar, las pérdidas y, sobre todo, la comodidad del usuario.

La luz del día consiste en proporciones de luz directa y difusa. Estos varían mucho, dependiendo de la ubicación y la estación en el norte de Europa, la proporción de luz directa a difusa es de aproximadamente 1: 1 en junio, mientras que en invierno la proporción es 1: 2-14, la luz directa que golpea un objeto es solo el 25-50% de la luz difusa. Sin embargo, en el sur de Europa, la proporción de verano es de aproximadamente 2: 1; esto cae a 1:1 en invierno. La proporción difusa de la luz es adecuada para proporcionar niveles uniformes de luz en las habitaciones. La luz directa, por otro lado, puede desviarse específicamente y usarse dentro de habitaciones profundas. El factor de luz del



76 Vistas interiores VELUX SunlightHouse Pressbaum. [Juri Troy Architects]

día es una medida de la luz del día utilizable en un edificio. Esto compara la iluminancia de una superficie horizontal al aire libre con la de la misma superficie dentro de un edificio. El buen confort visual en una habitación requiere que la iluminación sea lo más uniforme posible. La proporción de las superficies más brillantes y más oscuras en la habitación no debe ser mayor que 1: 6; donde hay tragaluces de techo, no mayor a 1: 2. [Hegger, 2016]

### VELUX SUNLIGHTHOUSE, PRESSBAUM. AUSTRIA. 2010

El Grupo VELUX promueve experimentos para participación en desarrollar edificios sostenibles del futuro con Model Home 2020. Su finalidad es encontrar un equilibrio entre confort interior y eficiencia energética siendo respetuoso con el clima y neutra de emisiones CO<sub>2</sub>. De ahí que se propongan seis proyectos en varios países de Europa con condiciones climáticas, culturales y arquitectónicas diferentes.

Model Home comprende seis proyectos en distintos países de Europa, debiendo responder cada uno de ellos a diferentes condiciones climáticas, culturales y arquitectónicas. Este concurso de VELUX, Sunlighthouse busca un equilibrio entre una arquitectura de eficiencia energética y a la vez con la máxima cantidad de luz natural. El año 2011 ganó el estudio de arquitectura HEIN-TROY Architekten.

Su propuesta respondía a los condicionantes de parcela estrecha y alargada, con desnivel y frondosa vegetación, parcialmente en sombra y con orientación sur-este.

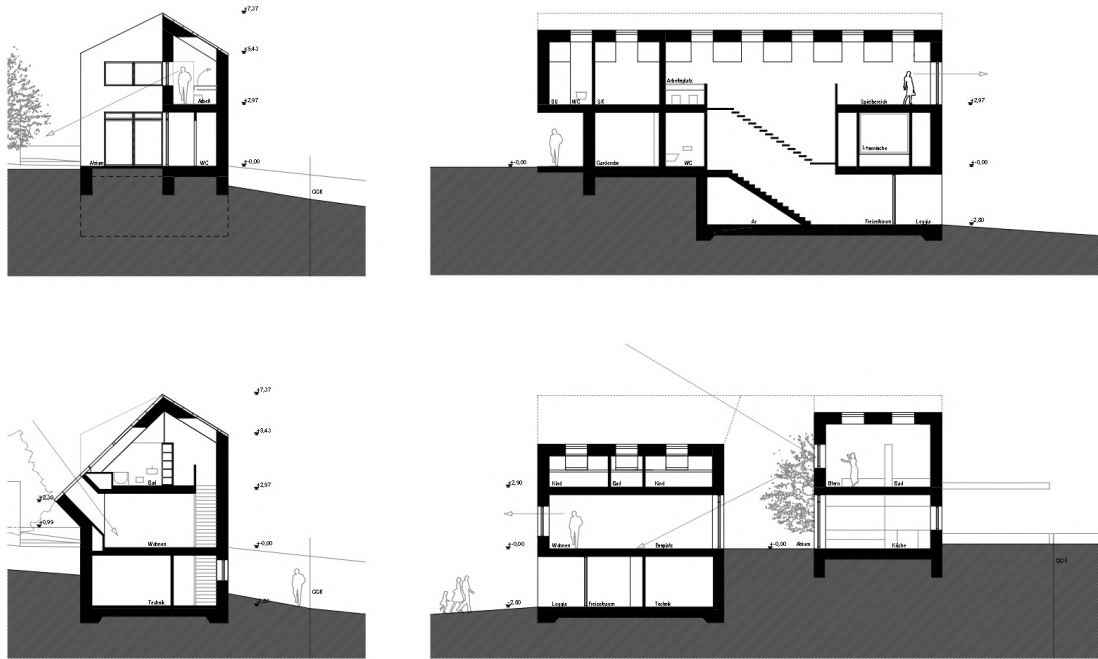
Su diseño propone una configuración de la cocina y las zonas vivideras agrupadas alrededor de una zona exterior protegida por la edificación y orientada al sur-este. La solución propuesta se ha desarrollado en colaboración con La Universidad Donau Krems y el IBO (Instituto Austríaco de la Salud y la Edificación Ecológica), que han desarrollado los siguientes estudios para el proyecto: cálculos estructurales, evaluación ecológica, optimización energética, evaluación de luz natural y el diseño domótico para la vivienda.

Para conseguir un bienestar y espacio saludable de los residentes, se ha maximizado el uso de luz natural, gracias al estudio de la Universidad Donau Krems que evaluó una media del factor luz de día de al menos un 5% para todos los espacios habitables y zonas de trabajo (de acuerdo con la norma DIN5034-4) analizando una maqueta a escala.

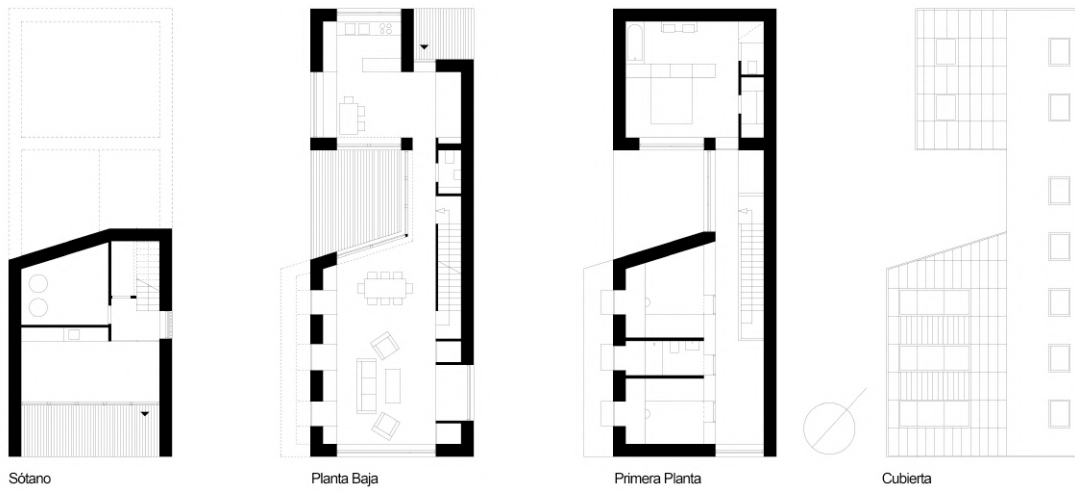
La disposición de las ventanas esta estratégicamente planificada para proporcionar no solo las mejores vistas, sino también las máximas ganancias solares pasivas en invierno y la más eficiente ventilación natural. Se han instalado, en la parte alta de la zona de estar, ventanas de tejado que aportan luz cenital al fondo de la habitación, para reducir el efecto de las sombras de las montañas próximas. Las ventanas cubren una superficie de un 36% de la superficie útil total de la vivienda.



77 Vista exterior y fachada posterior. Sección de esquema de soluciones energéticas. [VELUX. CDN archilovers]



78 Secciones. [CDN archilovers]



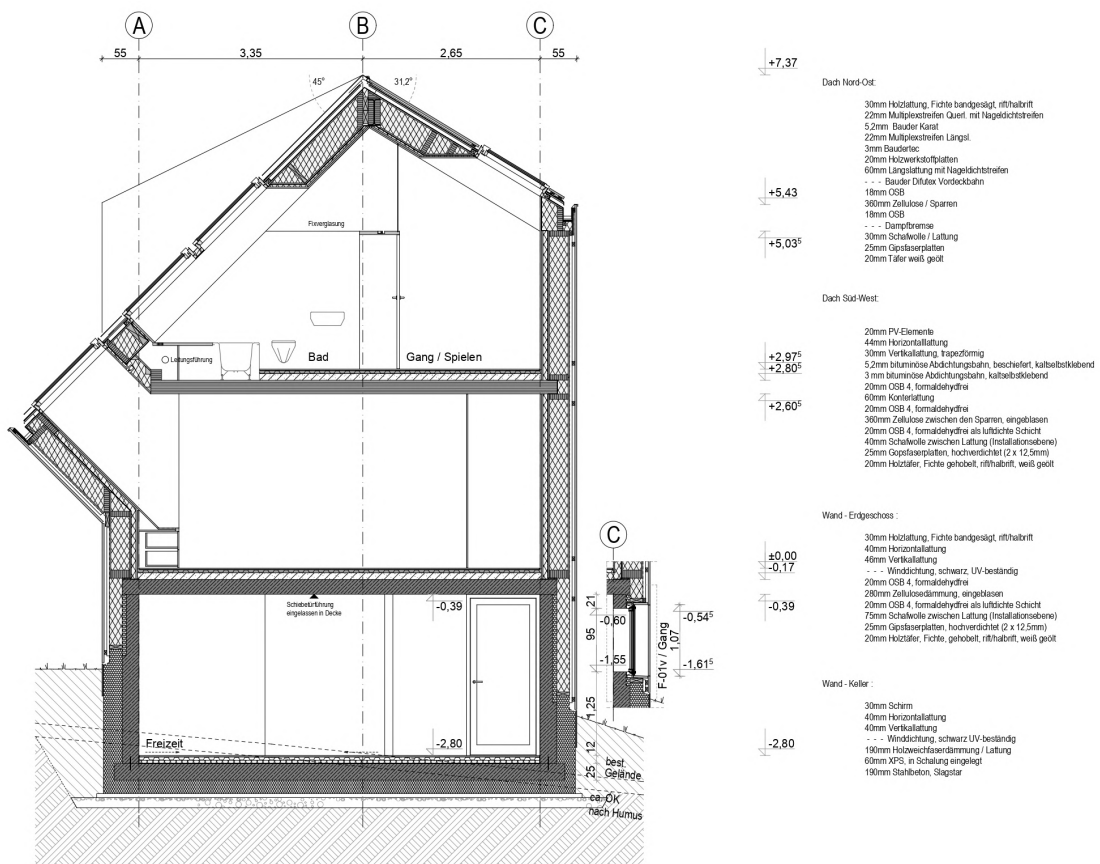
79 Plantas. [CDN archilovers]



80 Montaje piezas prefabricadas de la fachada y vista de la cubierta en construcción. [CDN archilovers]

4 CRITERIOS AKTIVHAUS

Para reducir el consumo energético se tomaron medidas para un balance energético positivo como una bomba de calor geotérmica de alta eficiencia, captadores solares térmicos integrados VELUX para producción de A.C.S., un sistema de captadores solares fotovoltaicos para producir electricidad, o electrodomésticos de alta eficiencia energética, utilizando sólo fuentes de energía renovables.



81 Sección constructiva de la envolvente del edificio. [CDN archilovers]

Para una efectiva ventilación natural se controla de forma automatizada las ventanas de tejado VELUX que se complementa con una ventilación mecánica de recuperación de calor en el mes de invierno. Así se consigue un clima interior confortable en verano, se potencia el uso de protecciones solares exteriores en las ventanas, la ventilación cruzada por efecto chimenea o la ventilación natural para refrigeración nocturna, permitiendo todas estas prescindir de sistema de climatización.

4.8.5 Iluminación Artificial

En los últimos años se han visto muchos desarrollos nuevos en el campo de las lámparas, en particular los diodos emisores de luz (UD) y los diodos orgánicos emisores de luz (LED). Las lámparas LED son componentes electrónicos de construcción de semiconductores, cuando una corriente eléctrica los atraviesa, producen luz, convirtiendo la energía de una forma muy eficiente en otra.

Sus ventajas incluyen:

- Gran variedad de temperaturas de color disponibles
- Costes de mantenimiento de larga duración
- Alta resistencia al ciclo de encendido/apagado aprox. 1 millón de ciclos
- Capacidad de atenuarse sin pérdida de color o ef. Eficiencia
- Baja temperatura
- Compatibilidad y bajo consumo de energía en un factor de 10 o más en comparación con las lámparas incandescentes

Las unidades de luz LED de retroadaptación se pueden usar para reemplazar las bombillas convencionales y los accesorios de las luces LED, con su tamaño compacto y fuente de luz minimizada ofrecen direcciones completamente nuevas para el desarrollo de luces.

En comparación, las lámparas fluorescentes ofrecen una eficiencia casi tan alta como los LED (factor de 4 a 10). En la optimización del consumo de energía, la atención se dirige a los balastos que normalmente se usan con estas lámparas altamente eficientes. En comparación con los balastos

convencionales, los balastros electrónicos pueden aumentar la eficiencia en un factor de 2. A pesar de su alto precio de compra, se prefieren los balastros electrónicos porque la menor cantidad de calor que emiten reduce la carga de calor en el edificio. El uso de un balastro electrónico de corte, que tiene menores pérdidas y funciona más frío porque el calentamiento del electrodo se apaga después de que se enciende la lámpara, puede lograr un ahorro adicional del 20%.

Entre los controles disponibles se encuentran los sensores de movimiento/presencia, acústicos e infrarrojos y los interruptores horarios. Su uso en escaleras, sótanos, inodoros y similares puede generar ahorros considerables de energía. Los sensores también pueden asumir otras funciones, por ejemplo, control de ventilación. La luz artificial requerida durante períodos más largos y principalmente en áreas exteriores se controla mediante sensores crepusculares, si es necesario junto con detectores de presencia o interruptores horarios. La combinación con detectores de presencia permite atenuación cuando no hay nadie presente. Los sensores de luz diurna se ubican mejor en áreas donde las personas usan luz diurna y/o luz artificial (complementaria). Desplegados de esta manera, los sensores pueden, por ejemplo, ajustar automáticamente la cantidad de luz artificial en las oficinas para adaptarse a las condiciones de iluminación actuales y complementar la luz natural disponible. Dependiendo de la profundidad de la habitación, puede valer la pena instalar varios sensores, ya sea a intervalos en la profundidad de la habitación o cerca de las estaciones de trabajo, si las unidades de iluminación aún no tienen sensores integrados. En combinación con un detector de movimiento o presencia, la iluminación artificial puede reaccionar de manera autónoma a la ocupación de la habitación, atenuar las luces cuando todos salen de la oficina y apagarlas completamente después de un período específico de tiempo. El usuario siempre debe poder intervenir y ajustar la intensidad de la luz para satisfacer los requisitos individuales, sobre todo porque un usuario privado de la capacidad de influir en un sistema preestablecido tendrá dificultades para aceptarlo, incluso si los cálculos muestran que es el mejor posible. [Hegger, 2016]

#### 4.8.6 Calidades y detalles

La interfaz entre el interior y el exterior determina la calidad energética, técnica y arquitectónica del edificio. La forma de la envolvente del edificio está estrechamente vinculada al diseño del edificio. La construcción sólida, a menudo se prefiere para edificios residenciales, ya que ofrece soluciones económicas aunque con algunas limitaciones en la situación de aberturas. Con aislamiento exterior (también sujeto a restricciones en la construcción monolítica) la masa térmica de la estructura se puede utilizar para mejorar la comodidad y suavizar los picos de temperatura.

La estructura portante y la envolvente del edificio son capas separadas en la gran mayoría de los edificios industriales y de oficinas. Esto a menudo tienta al diseñador a usar grandes áreas de vidrio en edificios de oficinas. Sin embargo, las áreas acristaladas excesivas pueden poner en peligro la comodidad y la gestión de la energía. La integración de un aislamiento y almacenamiento efectivos, ventanas y aberturas de ventilación bien diseñadas, y un sombreado efectivo y controlable en la envolvente del edificio, juega un papel clave para lograr un edificio eficiente y cómodo.

Los elementos de la arquitectura, como la forma y los materiales del edificio, la masa y la transparencia, la textura y el color, son también los elementos de la construcción con eficiencia energética. Una envolvente de un edificio con eficiencia energética puede proporcionar las condiciones interiores requeridas durante todo el año casi por completo mediante medidas pasivas. Solo se necesita una pequeña contribución de las medidas activas y la tecnología de suministro de energía asociada para mantener los requisitos deseados. En un edificio Aktivhaus, esto debe cubrirse con fuentes renovables, si es posible, generarse y usarse de forma local. Los medios técnicos para hacer esto ya están disponibles hoy para un clima europeo central y pueden usarse económicamente, teniendo en cuenta los costos del ciclo de vida. [Hegger 2016]



## 5 PROYECTOS AKTIVHAUS

Werner Sobek, expresó las siguientes consideraciones sobre la concepción de la casa experimental Römerstraße 128:

*“Hay una arquitectura que, en cuanto a su diseño y objetivos conceptuales, se ve a sí misma como arquitectura del tercer milenio. Una arquitectura que pretende formular una actitud adecuada a nuestro y al futuro. Una arquitectura que no encuentra su forma a través del recurso a formas y materiales tradicionales, sino a través del desarrollo a partir de procesos integrales de planificación y organización de las formas actuales y futuras de la vida humana. Esta arquitectura tiene una relación radicalmente diferente, ahora positiva, con el entorno natural, con sus usuarios y con su tecnología inherente. Por supuesto, tal arquitectura también implica las tecnologías de nuestro tiempo que ya son generalmente aceptadas y utilizadas en la sociedad. Esto significa nada menos que una casa construida hoy puede y debe estar absolutamente libre de emisiones y, en su balance anual, funcionar exclusivamente con energía eólica y/o solar. La adaptación a la naturaleza solo debe tener lugar con una intervención mínima, todos los sistemas de suministro y las líneas asociadas permanecen a bordo.*

*El edificio debe ser completamente reciclable, lo que obliga a una construcción que permita una posterior división en componentes monomateriales de un tipo. Esto a su vez crea nuevas posibilidades de fabricación y montaje. Las formas de vida flexibles son posibles gracias al plano de planta abierto y al diseño de acceso. Las formas de vida flexibles, en última instancia, también requieren una flexibilidad total en la gestión de los sistemas de suministro y eliminación, los sistemas de energía y comunicación, por lo que ya no hay instalaciones fijas como interruptores y enchufes. Por supuesto, dicha arquitectura requiere diferentes procesos de planificación y fabricación. Los sistemas modulares y altamente integrados no solo requieren mucho conocimiento e imaginación en la planificación, sino también una cooperación muy estrecha entre los planificadores y los fabricantes. ...*

*Se entra a la casa por su fuerte pendiente sobre un puente. .... El hombre no entra en el hábitat de plantas y animales. No hay paredes interiores. La escalera de 4 pisos .... (crea) un interior verticalmente continuo. El acristalamiento completo crea un espacio exterior que atraviesa horizontalmente el edificio. De modo que vive menos en una casa que en un espacio al aire libre encerrado por una carcasa transparente de alto rendimiento ”.*

*La casa está equipada con un control totalmente electrónico y tecnología de seguridad. No hay más interruptores, manijas de puertas o ventanas. “El edificio se puede controlar desde cualquier lugar fuera de la ciudad a través de la conexión a Internet”.*

*“Se iba a crear una estructura experimental, sobre la que queríamos realizar todo lo que, en mi opinión, es una base obligatoria para construir en el futuro. Aún no hemos construido mucho. ....*

*Hasta ahora, la arquitectura ha estado sin respuesta y sin reacción a las revoluciones científicas y sociales de nuestros días que están ocurriendo a intervalos cada vez más cortos ”(Werner Sobek)*

[Glasforum 6/97; Solares Bauen, S. 36]

La idea de eficiencia energética expresada al máximo lleva a Werner Sobek, arquitecto e ingeniero alemán y a su equipo a desarrollar un estándar que los cumplen todos estos proyectos que se citan a continuación. Es un estándar más exigente que los anteriormente citados y como su propio nombre de Aktivhaus cumple con cada uno de los criterios anteriormente expuestos en todos sus diseños.

El estándar Triple Zero ® desarrollado por Werner Sobek, tiene en cuenta la escasez de recursos y las consecuencias del calentamiento global. Ya no se puede ni se debe construir como se ha hecho hasta ahora. Las casas tienen que ser mucho más ligeras que antes. Se necesita usar menos recursos, ser a largo plazo, pero por supuesto también ser completamente reciclables. Y ya no se les permite generar emisiones de CO<sub>2</sub>

R128 es un buen ejemplo de un edificio que cumple con los estándares Triple Cero. Siempre que sea posible, Werner Sobek utiliza el concepto Triple Cero como base para el diseño, planificación y construcción de edificios.

### EDIFICIO DE ENERGÍA CERO

En promedio, el edificio requiere CERO energía de fuentes externas. La energía generada a partir de fuentes regenerativas en el edificio o en la propiedad inmediata sobre la que se encuentra el edificio es al menos igual a los requisitos de energía primaria del edificio para calefacción, refrigeración, agua caliente, energía auxiliar y energía para todas aplicaciones domésticas.

### EDIFICIO DE CERO EMISIONES

El edificio produce CERO emisiones de dióxido de carbono. El valor de referencia es la demanda total de energía primaria, que luego se convierte en emisiones de dióxido de carbono. No se permiten procesos de combustión en el edificio o en la propiedad.

### EDIFICIO DE CERO RESIDUOS

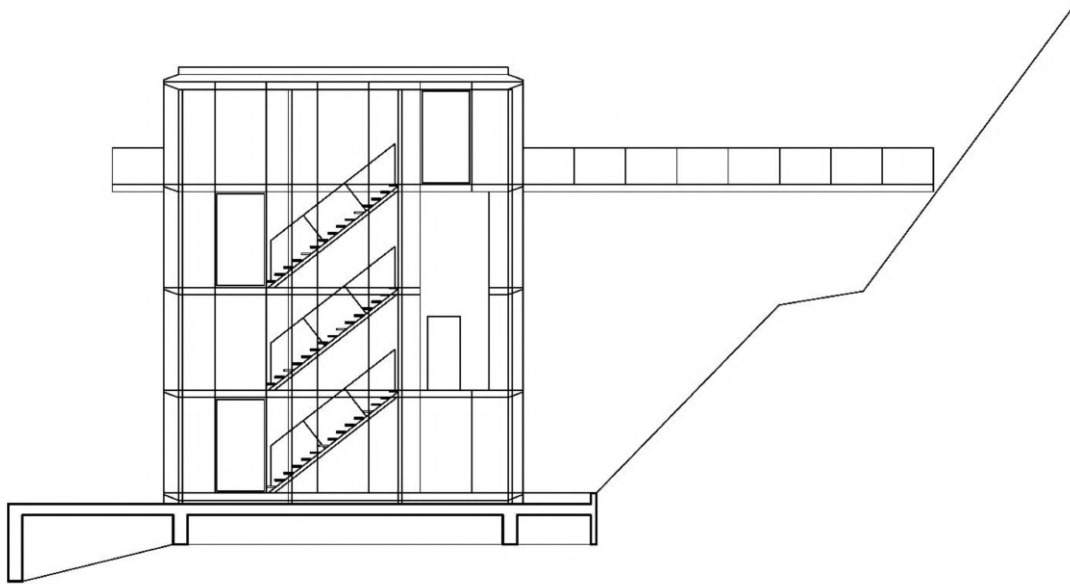
Cuando el edificio se convierte o se deconstruye, produce CERO residuos. Al final de su ciclo de vida, todos los elementos constructivos pueden reciclarse completamente sin que ningún componente necesite quemarse o enviarse a un sitio de eliminación. El terreno puede ser devuelto a la naturaleza sin temor a la contaminación ni a los residuos residuales. [Werner Sobek]

## R128, STUTTGART, ALEMANIA. 2000

La casa R128 es una moderna vivienda de cristal de cuatro niveles que no esconde nada a la vista y que logra perfectamente este triple estándar. Este edificio de cuatro pisos es completamente reciclable, no produce emisiones y es autosuficiente en términos de requerimiento de energía de calefacción.

La vivienda cuenta con una fachada de cristal que permite el paso de luz para iluminar naturalmente todas las habitaciones. En la fachada principal se han instalado celdas fotovoltaicas para proveer la energía eléctrica que la vivienda necesita.

La vivienda ha sido diseñada bajo un esquema modular, tanto en el interior como el exterior, lo que permite que pueda ser fácilmente desmontada permitiendo que todos los paneles utilizados sean reciclados o reutilizados en otra vivienda. Debido a su ensamblaje mediante juntas de mortaja y espiga y juntas atornilladas, no solo se puede ensamblar y desmontar fácilmente, sino que también es completamente reciclable. [Arquitour]



82 Sección longitudinal, con el sistema de acceso por pasarela y sistema de escalera en el interior.

[V. Manfron, D. Vanzan J. Ferrarese y M. Sirinati. ClasArch Sostenibilità]



83 Vistas exteriores de la fachada acristalada de día y de noche. [Onekindesign]

Para recibir a los visitantes, el acceso a la vivienda es a través de un puente en la tercera planta, donde también se encuentran la cocina y el comedor. Bajando un piso está el dormitorio principal, un baño y un living de doble altura. En el segundo piso se encuentra un segundo baño y la habitación de los niños, bajando hasta la planta baja donde están todos los sistemas de la casa y un pequeño estudio, con salida al exterior. El interior está totalmente abierto, excepto por un cubículo que alberga "instalaciones sanitarias" que están veladas en vidrio translúcido y aluminio (la bañera móvil para bañarse y relajarse no está dentro de este espacio cerrado).



84 Vistas interiores, comunicación vertical, zona de cocina y comedor, zona opaco en el interior y detalle de la estructura mediante cruces con tirantes. [Onekindesign]

El piso y el techo modulares accesibles acomodan todos los servicios horizontales. Los suelos consisten en paneles de madera prefabricados cubiertos de plástico que tienen menos de 2.5 pulgadas de grosor y descansan sobre vigas sin tornillos ni pernos. El techo está fabricado íntegramente en aluminio. Todos los elementos, incluidos los no portantes, así como la fachada, tienen un diseño modular y están conectados mediante juntas fácilmente desmontables. No hay revestimientos de yeso o mortero o compuestos de materiales que no se puedan eliminar fácilmente. En consecuencia, no existen instalaciones ocultas: todos los sistemas de suministro y disposición, así como los cables de las líneas de comunicación, se colocan dentro de cerramientos de metal laminado dispuestos a lo largo de paredes y techos. No existen interruptores de luz, accesorios, manillas de puertas y ventanas, ya que todos los sistemas de regulación de las instalaciones y electrodomésticos son gestionados por sensores de radar y funcionan mediante control por voz.

Los tiempos de ejecución de la construcción van desde el 01.12.1999 al 01.04.2000. Contando con una gran facilidad y sostenibilidad desde el punto de vista de la realización, y teniendo en cuenta estos tiempos y los recursos humanos utilizados añadiendo la dificultad de construir sobre una pendiente. Gracias a la presencia de elementos modulares y estándar fue posible "ensamblar" la estructura principal en tan solo 4 días; y se necesitaron otros 5 meses para la finalización de todo el edificio. También es posible imaginar que con la misma facilidad con la que se construyó será posible desmontarlo y reutilizar las piezas sin costes adicionales.

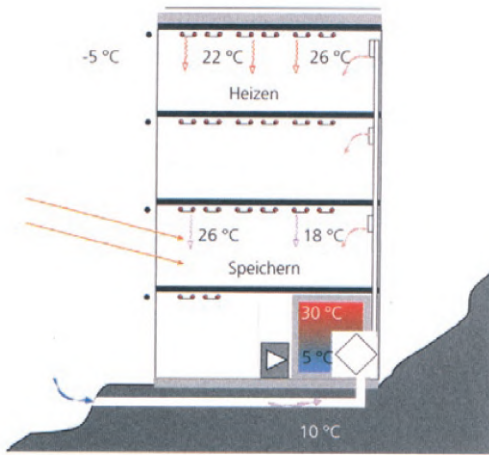


Diagrama INVIERNO

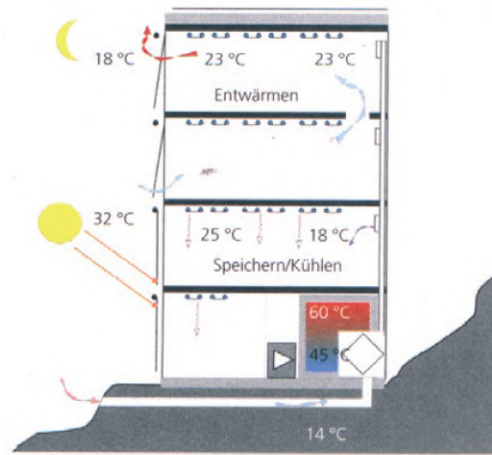
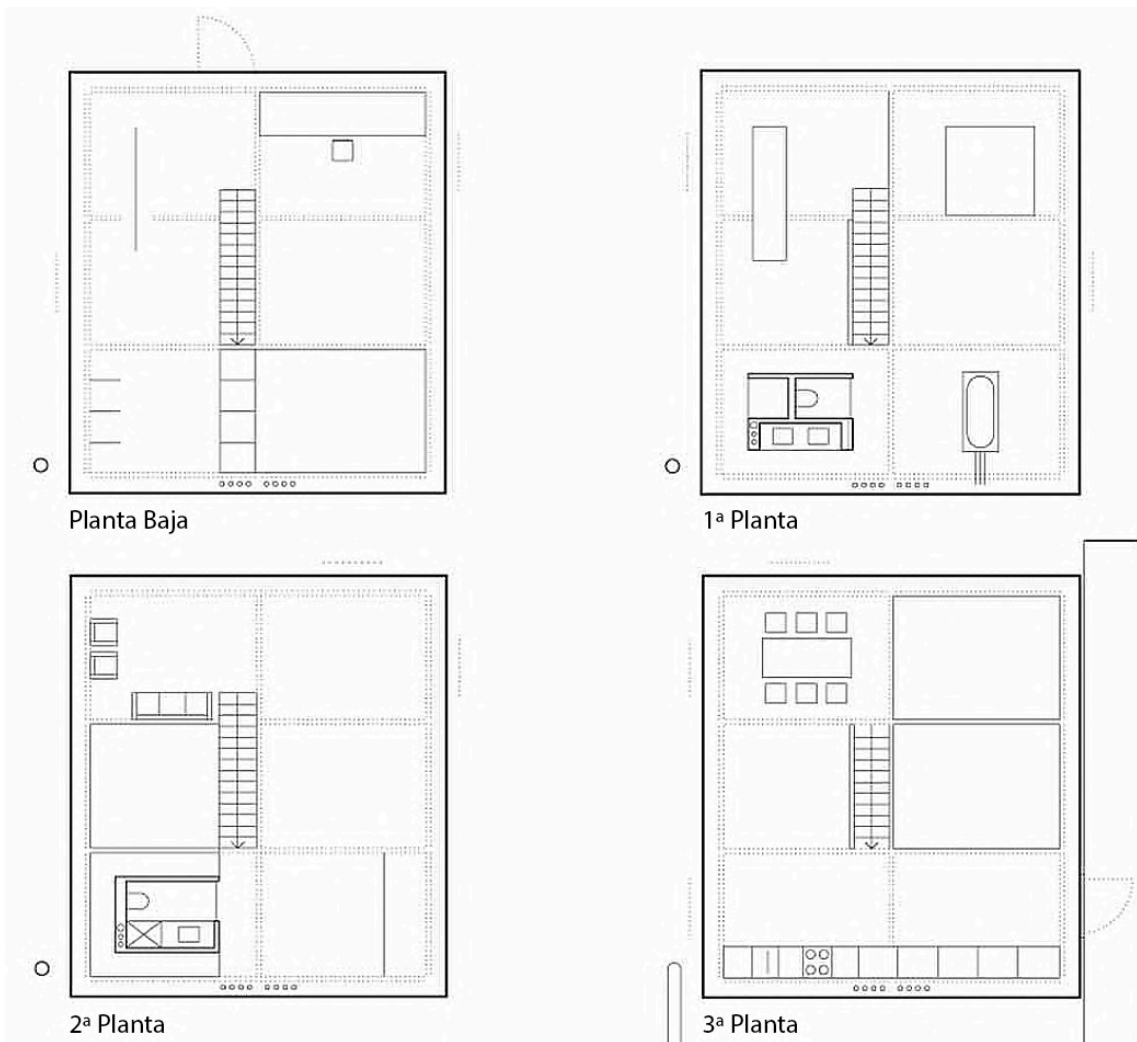


Diagrama VERANO

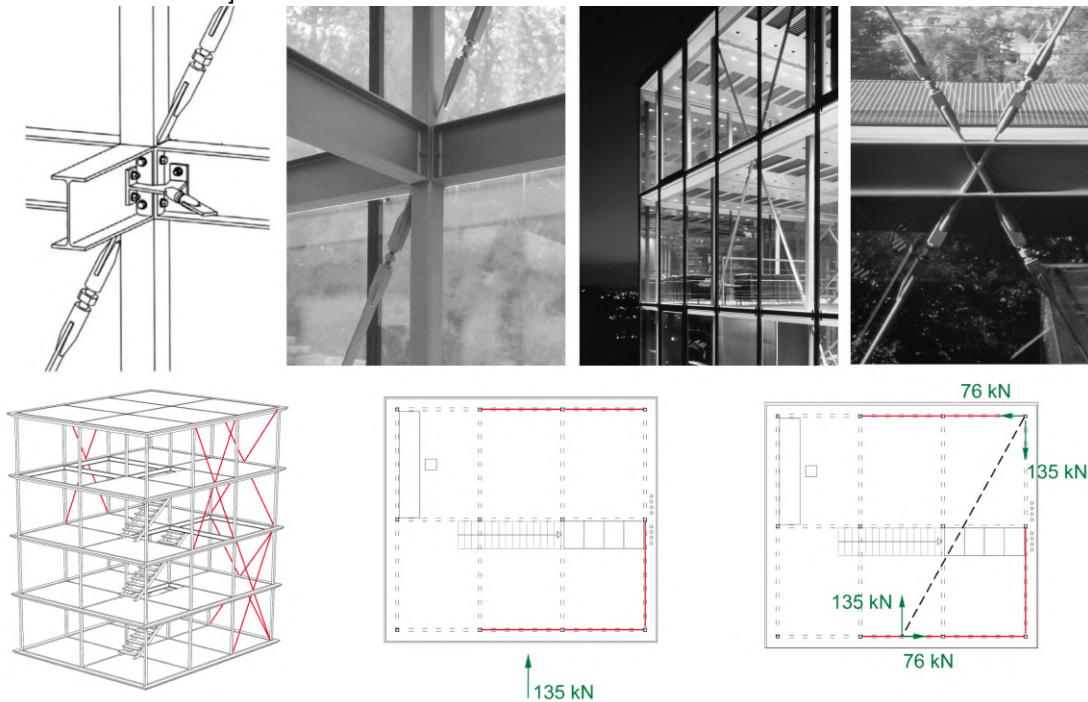
85 Diagramas de los sistemas de climatización. [Diseño estructural III. P. Block, J. Schwartz]



86 Distribución de las plantas. [Architecture Steel Stahl Acier. European Convention for Construction Steelwork]

La estructura portante está formada por un 'armazón de acero' reforzado con elementos diagonales y descansa sobre una superficie de hormigón armado. Esta estructura consiste esencialmente en un marco de acero atornillado. La casa alcanza una altura total de 11,2 m. 12 Pilares de acero Rhp 100x100x100 grado 37-3 se disponen siguiendo celosías cuyos vanos miden 3,85 x 2,90 m y conectados por travesaños de acero IPE 200 grado 37-3 dispuestos en dos direcciones. En estos puntos nodales, las secciones huecas de los pilares cuadrados están interrumpidas por enormes piezas de acero.

El armazón está reforzado verticalmente en tres lados por vigas de tracción diagonales de 60 x 10 que se contrarrestan en los lados norte y sur, mientras que se alinean en el lado Este. Cada piso forma así una textura de soporte. El marco del edificio cubierto por todos lados por una fachada de vidrio, fijado a una distancia de 40 cm del marco mismo. [V. Manfron, D. Vanzan J. Ferrarese y M. Sirinati. ClasArch Sostenibilità]



87 Nudo estructural, encuentro de viga, pilar y arriostramiento. Detalles del arriostramiento por tirantes de acero de sección rectangular. Foto de la fachada iluminada con arriostramiento interior. Esquema de arriostramiento contra efecto de viento dirección transversal, central y derecha de la estructura. [Diseño estructural III. P. Block, J. Schwartz]

En la figura 85 se muestran los sistemas de climatización del interior del edificio y cómo intervienen de forma diferente en el período de verano e invierno. En el diagrama "invierno" se puede ver cómo los paneles radiantes regulan la temperatura mientras que el intercambio de aire se realiza mediante las rejillas de ventilación de cada piso que traen aire del exterior pero calentado primero por el pasaje subterráneo y luego por la bomba. Calor colocado en planta baja. En el esquema "verano", en cambio, podemos ver el uso de paredes exteriores de vidrio que durante el día bloquean la entrada de calor de los rayos del sol, calor que se almacena y aprovecha en períodos fríos, y durante la noche, abriéndose para permitir el reequilibrio de las distintas estancias de la casa. la temperatura.

La cubierta es una sencilla cubierta plana cuya peculiaridad es que en la zona central hay 48 paneles solares con unas dimensiones de 1.375x0.815 m, dispuestos horizontalmente. En condiciones medias ideales de insolación, los paneles fotovoltaicos tienen una potencia de unos 6,72 kw/h. Por tanto, la electricidad necesaria para la ventilación y la calefacción proviene de los paneles solares colocados en el techo. De hecho, este sistema no suele requerir la red eléctrica nacional, al contrario suele ser la propia casa con su excedente la que suministra energía a la red nacional.

A continuación, la producción de energía se gestiona mediante un software que se puede gestionar a través de una pantalla táctil, que regula y distribuye las distintas funciones de la casa (por ejemplo: apertura y cierre de puertas y ventanas, riego del jardín, etc. ...).



88 Detalle de placas Vista de cubierta con paneles fotovoltaicos. [Baumgartner 2016]

El edificio está completamente acristalado con un diseño modular, los paneles de vidrio utilizados tienen 2,28 m de alto y 1,36 m de ancho en los lados norte y sur, mientras que en los lados este y oeste miden 1,42 m de ancho. La estructura que soporta los paneles de fachada está dispuesta según el mismo patrón de celosía. Cada panel de vidrio se monta individualmente y se suspende mediante barras de tracción de esta manera el peso de la fachada se transfiere al plano del techo y por lo tanto al marco principal mediante vigas en voladizo. [V. Manfron, D. Vanzan J. Ferrarese y M. Sirinati. ClasArch Sostenibilità]

Los paneles de triple acristalamiento son de alta calidad con un valor  $k$  de 0.4. El argón es un aislante eficiente debido a su densidad y baja conductividad térmica. Es un gas inodoro, incoloro, insípido, no tóxico, seis veces más denso que el aire; Se utiliza para reemplazar el aire entre los paneles de vidrio, reduciendo así la transferencia de temperatura. Esto afecta en gran medida el valor  $R$  del vidrio: el valor de la resistencia de un material al flujo de calor.

El valor  $R$  se expresa como la diferencia de temperatura que se requiere para hacer que el calor fluya a través de una unidad de área de material a razón de una unidad de calor por hora. En este caso, el gas argón en triple acristalamiento aumenta el valor  $R$  en aproximadamente un 58 por ciento en comparación con el doble acristalamiento.



89 Detalle de panel batiente acristalado. [Baumgartner 2016]

Otra estrategia para mejorar el aislamiento del vidrio es usar vidrio de baja emisividad, un material con un recubrimiento de óxido metálico transparente aplicado a la superficie interna del vidrio. El recubrimiento permite el paso de energía de onda corta como la luz, pero refleja la energía infrarroja de onda larga como el calor, lo que mejora su resistencia térmica.

Varios paneles de vidrio son de marco manual, estilo toldo que se abre, lo que proporciona ventilación natural. Los paneles fijos de revestimiento de vidrio triplex se encajan en "yugos" de acero inoxidable personalizados cerca de cada esquina. Esto proporciona una conexión nodal al vidrio sin requerir pernos penetrantes. Una membrana de caucho EPDM (monómero de etileno propileno dieno) limita cada pieza de vidrio. Las fachadas de vidrio de visión en todas las alturas ofrecen vistas hacia el oeste sobre la pintoresca cuenca de Stuttgart y en otras direcciones. Todas las tuberías y cables para electricidad, agua y sistemas de comunicación se ejecutan en conductos de aluminio a lo largo del interior de la fachada. El sistema de conductos internos expuestos permite la máxima flexibilidad. Un ejemplo es la bañera independiente, ya que puede "conectarse" a la tubería de agua en cualquier punto simplemente abriendo el conducto apropiado. [Ballard Bell, V. Materials for Design 2006]

## F87, BERLÍN, ALEMANIA. 2011

F87 (primer edificio estatal Efficiency House Plus con Electromobilidad) fue desarrollado por un equipo interdisciplinario bajo la dirección del profesor Werner Sobek. La casa modelo surgió de un concurso que el Ministerio Federal de Transporte, Construcción y Desarrollo Urbano anunció en 2010. El objetivo de la licitación era "mostrar el estado de desarrollo de la red de edificios y viviendas sostenibles y energéticamente eficientes [...] mediante un proyecto piloto de investigación real y arquitectónicamente atractivo".

El monitoreo de acompañamiento en la construcción y operación está destinado a probar el rendimiento de los componentes individuales en las pruebas de resistencia y recopilar hallazgos para un uso generalizado. El proyecto tiene como objetivo mostrar que un edificio con el estándar Energy Plus es capaz de abastecerse a sí mismo y a sus residentes, así como a varios vehículos eléctricos, con un kilometraje medio anual de aproximadamente 30.000 km solo con energías renovables. [DBZ]

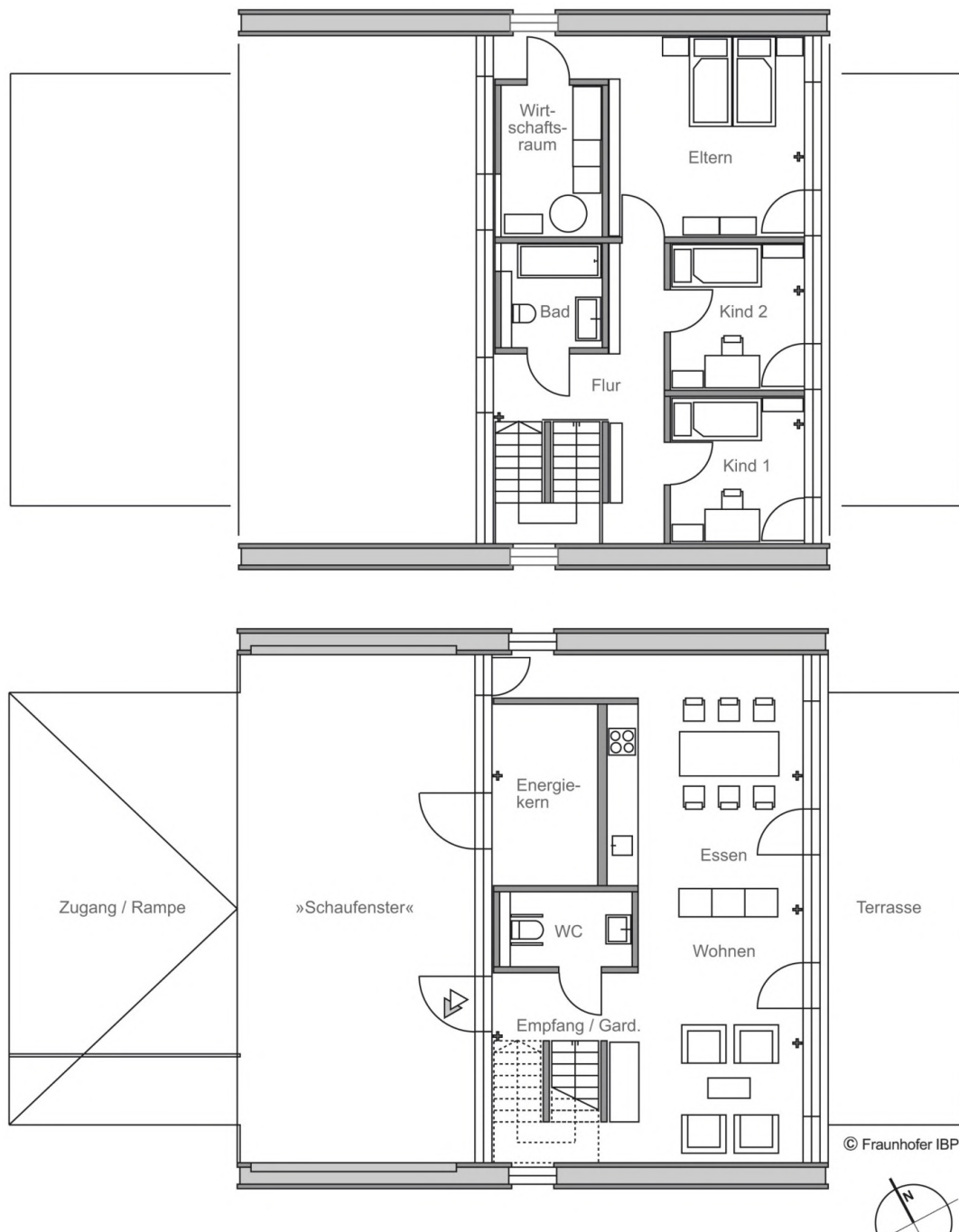


90 Vistas trasea y frontal F78. DBZ Vivir del futuro F87 - Efficiency House Plus con electromovilidad. [DBZ]



Este concepto se plasma arquitectónicamente a través de un llamativo escaparate de vidrio en el que todos los sistemas técnicos centrales se presentan de manera prominente para formar una pantalla de vida a gran escala. El proyecto no solo ilustra la viabilidad de construir futuras viviendas unifamiliares que generen un excedente significativo de energía, suficiente para alimentar los vehículos eléctricos de sus ocupantes, sino que también demuestra cómo los futuros edificios pueden diseñarse y construirse para permitir un completo desmontaje y reciclaje al final de su ciclo de vida. El enfoque de diseño holístico empleado por el equipo de diseño interdisciplinario lleva el alcance del "diseño sostenible" a un nuevo nivel.

El núcleo de vidrio sirve como enlace energético y arquitectónico para el área de vida móvil e inmóvil. Al lado del jardín hay un edificio complejo; al lado de la carretera hay una estructura de marco abierto que sirve como un gran escaparate para el público que proporciona información sobre el edificio e invita a interactuar. El enfoque de la innovación radica en los servicios de construcción optimizados y la interfaz de los flujos de energía y las capacidades de almacenamiento entre la Casa Plus-Energy y la movilidad futura.



91 Planta Baja y primera. [DBZ]

La casa se divide en tres partes: las áreas de estar, el núcleo de energía y el escaparate. Como el plan de piso es flexible en términos de requisitos espaciales, el edificio tiene la capacidad de adaptarse a las necesidades en constante cambio de sus habitantes. Debido a su diseño modular, la casa también se puede adaptar a condiciones suburbanas específicas. [Werner Sobek]

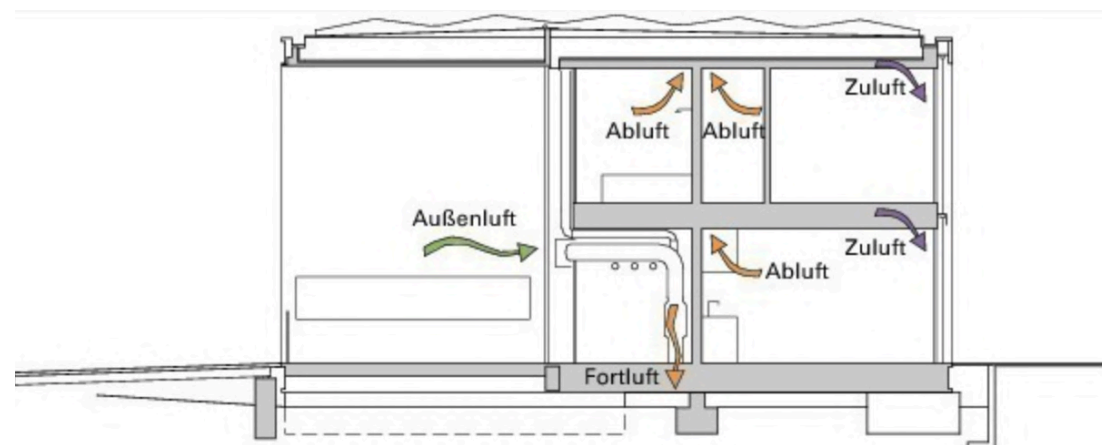


92 Sección F87. [DBZ]

El acristalamiento de toda la superficie en el lado Este y Oeste crea una generosa sensación de espacio y entra mucha luz natural en el interior. El lado Este está provisto de una protección solar externa. Esto evita que el edificio se sobrecaliente. En el lado oeste, el escaparate asume esta función. La iluminación artificial de la casa es proporcionada por LED de bajo consumo. La iluminación se puede regular y se controla mediante detectores de presencia.

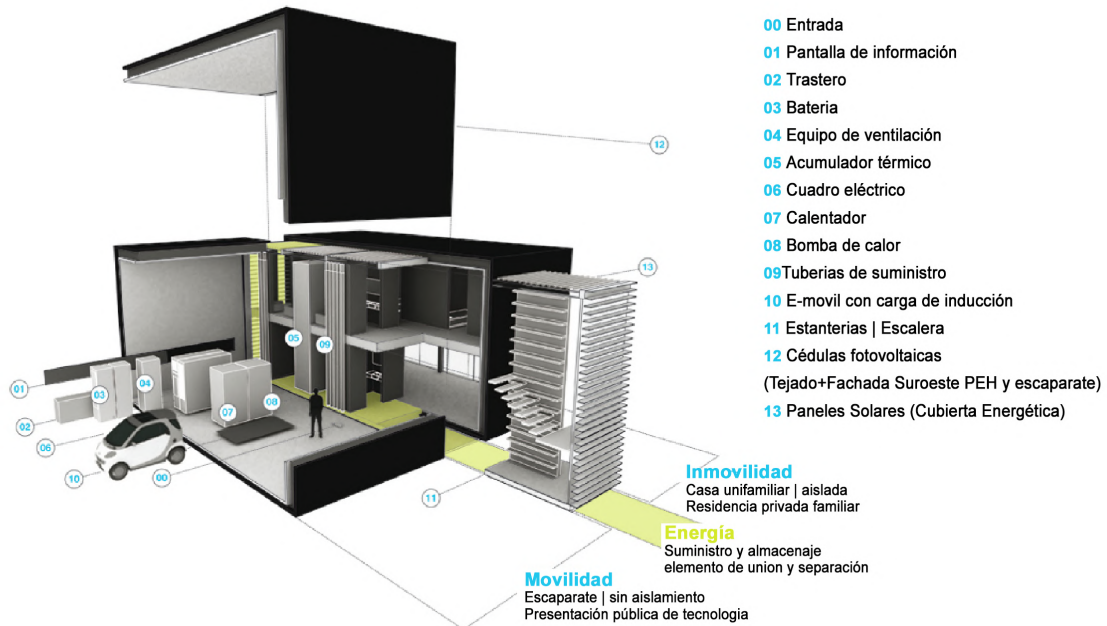
La ventilación mecánica garantiza una muy buena calidad del aire interior. Cada habitación habitada de la casa también se puede ventilar manualmente. El calor contenido en el aire de escape se recupera antes de que el aire de escape del edificio se desvíe hacia el espacio entre el suelo y la losa del piso elevado.

Su orientación espacial y la calefacción integrada fotovoltaica y solar permiten generar más energía que la que necesitan el edificio y los vehículos. El excedente de energía alimenta a la red pública. La energía que necesita el vehículo se genera en la casa. De hecho, los paneles fotovoltaicos del techo y la fachada producen el 170% de las necesidades propias del edificio. Un núcleo de energía compacto con todos los componentes necesarios para el control, almacenamiento y distribución está dispuesto en medio justo entre la sala de estar privada y el área abierta que representa la movilidad. Se tienen en cuenta varios factores para optimizar la generación y distribución de energía. De esta manera, la casa "aprende" del comportamiento de sus residentes e incluye otra información disponible, como pronósticos meteorológicos.



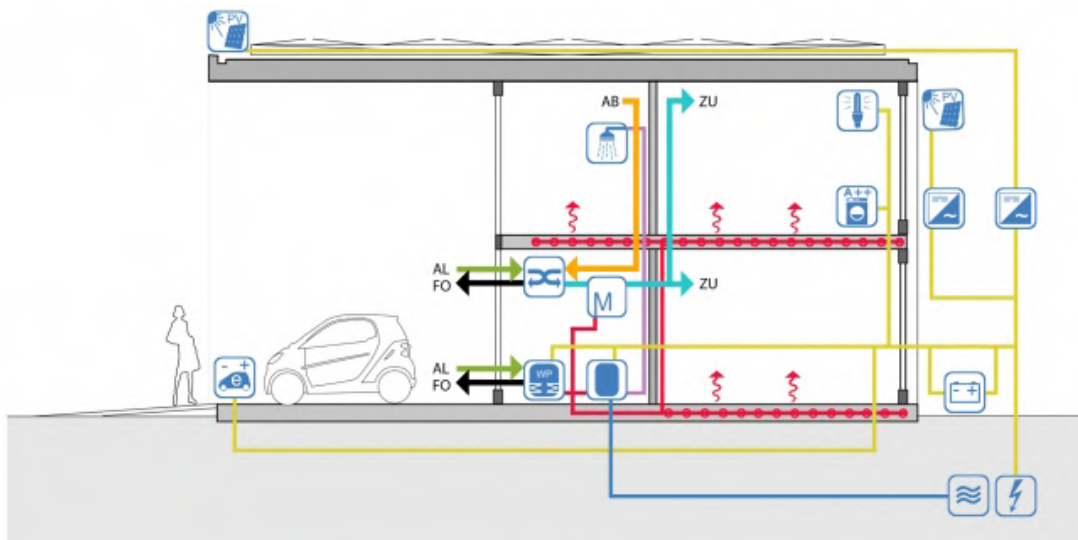
93 Ilustración esquemática de ventilación. [DBZ]

La forma compacta del edificio del F87 constituye la base del concepto energético. Además, las superficies de la envolvente del edificio se han optimizado para minimizar las pérdidas de calor y se ha integrado un concepto de protección solar eficiente para evitar el sobrecalentamiento en verano, lo que también permite utilizar las ganancias solares en invierno en el lado sureste más privado. El equipamiento técnico del edificio de alta eficiencia permite un uso óptimo de la energía generada.

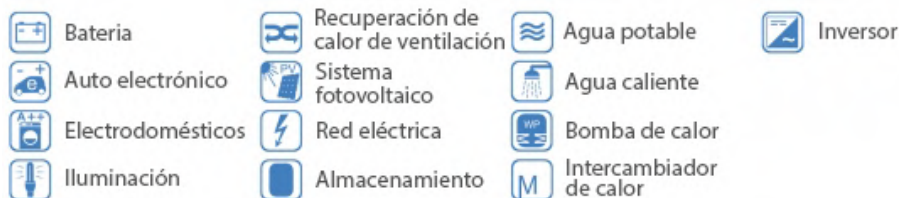


94 Esquema explotado. Imagen traducida de alemán. [Archdaily]

La energía solar se utiliza de dos maneras en el edificio: un sistema fotovoltaico genera electricidad a partir de la radiación solar disponible, una bomba de calor aire-agua de alta eficiencia extrae energía térmica del aire exterior, que está disponible para la casa a través de la calefacción de superficie, así como para calentar el agua y el aire fresco suministrado. Junto con la carcasa del edificio en construcción ligera y la calefacción de la superficie, este sistema representa un sistema que reacciona rápidamente a las fluctuaciones climáticas y es extremadamente fácil de usar. Una recuperación de calor altamente eficiente también minimiza la energía requerida para calentar el edificio.



95 Sección técnica F87. [Build Up]



En general, el principio Triple Zero® se aplica en la oficina de Werner Sobek: cero energía, cero emisiones, cero residuos. Así que, naturalmente, también con este proyecto.

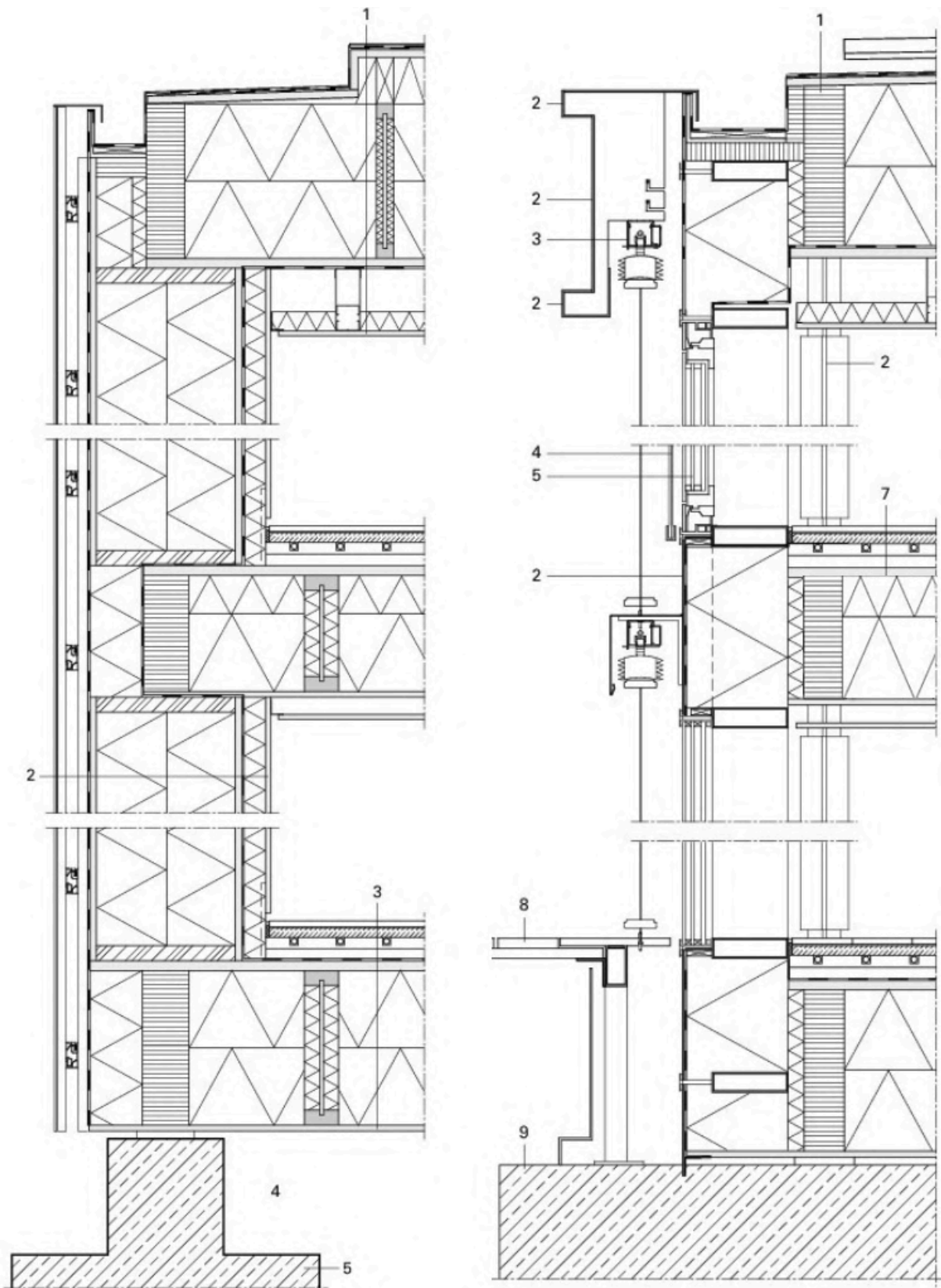
La Efficiency House Plus será completamente desmantelada y reciclada después de una vida útil de alrededor de dos años. La estructura y el desarrollo constructivo de la casa de la eficiencia siguieron los principios rectores de eficiencia de materiales - ecología - reciclaje desde el principio. Un proceso de planificación integral desde el principio fue un requisito previo importante para esto.

F87 se ejecutó con un método de construcción de paneles de madera, especialmente debido al corto tiempo de construcción. Esto no solo cumple con los requisitos de sostenibilidad, sino que también permite un alto grado de prefabricación. La cimentación ya se realizó con piezas prefabricadas de hormigón armado, que se pueden colocar con una grúa móvil y volver a utilizar después del desmontaje.

La casa está formada por paneles de madera con núcleo aislante, el núcleo técnico se entregó a la obra completamente pre montado, todos los componentes son de gran formato con juntas desmontables para garantizar su desmontaje. Además, todos los materiales de la casa se pueden reciclar por completo. Todos los revestimientos, revestimientos, sellados y niveles de aislamiento fueron hechos de madera, metal, vidrio y plástico y las conexiones fueron taponadas o atornilladas. Ya durante la etapa inicial de planificación, se definieron requisitos claros para la ecología y la posterior reutilización o eliminación correspondiente para cada material utilizado, y se utilizaron materiales sin excepción que evitan riesgos para la salud de los residentes de acuerdo con la Declaración Ambiental de Producto (DAP). [Werner Sobek]



96 Montaje de la escalera prefabricada. Construcción del núcleo tecnológico en el escaparate del edificio. [DBZ]

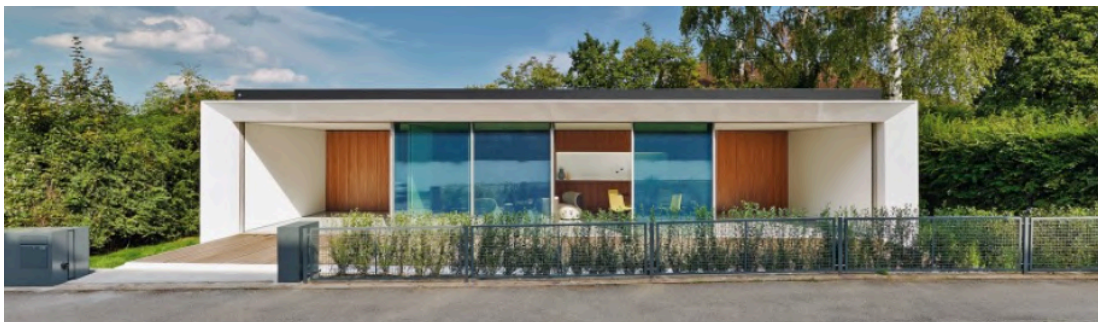


97 Sección constructiva pared exterior opaca y de detalle de la fachada de vidrio. [DBZ]

## B10, STUTTGART, ALEMANIA. 2014

Este proyecto se trata menos de arquitectura que de tecnología. Este ejemplo explora nuevas formas de vincular a los consumidores y productores de energía con la integración del entorno construido en la red energética interactiva. El objetivo es nada menos que aliviar la red pública a través del almacenamiento local predictivo y el control inteligente del consumo en el vecindario, con el edificio como enlace entre el vehículo eléctrico y la red estable.

El módulo residencial B10, cuyo nombre hace referencia a la propiedad en Bruckmannweg 10, en Weißenhofsiedlung en Stuttgart se instaló de manera temporal hasta que en agosto de 2019, el B10 se desmanteló en un día y se transportó mediante transporte pesado a su nueva ubicación en Hohenstein, en la Jura de Suabia. Todas las imágenes del estudio son de su primer emplazamiento en Stuttgart.



98 Situación B10 en parcela. [mecInteriorsInc]. Vista desde la calle de B10 en Bruckmannweg. [DETAIL]

Fue desarrollado por el estudio de Werner Sobek junto con la empresa de casas prefabricadas SchwörerHaus y otros socios industriales. Con la idea de Flying Space, (Espacio conectado) se muestra como una caja habitable multifuncional para las demandas modernas. Su idea se remonta a un diseño de Lohmann Architekten BDA de Rotenburg y es vendida por SchwörerHaus creando una especie de apartamento de una habitación que puede usarse como una mini sala de estar o como una oficina. El módulo, que está completamente prefabricado en la nave del taller, consta esencialmente de dos componentes que solo se ensamblan en el sitio de la obra: la carcasa real y un estante tecnológico con una cocina preinstalada y un baño / inodoro. [DBZ]



99 Montaje en taller de la B10. [DBZ] Transporte y posicionamiento en parcela. [ArchDaily] Preparación de la parcela para recibir la B10, detalle de la cimentación desmontable. [DBZ]

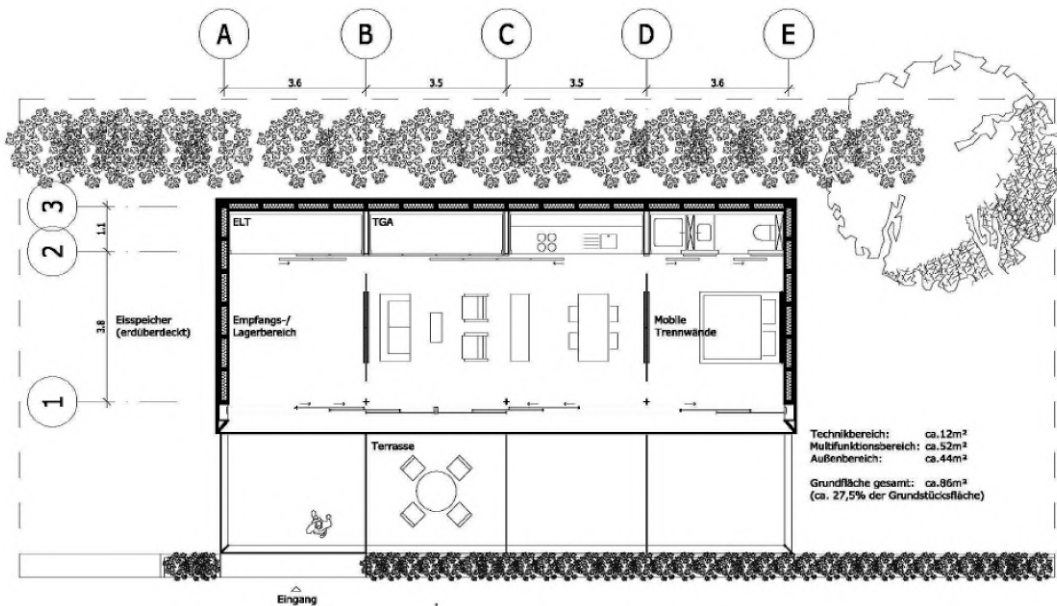


100 Proceso de montaje de las dos piezas de B10. [ArchDaily]





101 Ensamblaje en seco de las dos piezas prefabricadas. [DBZ]



102 Planta y entorno de la parcela. [Werner Sobek]

Según el concepto Triple Zero de Werner Sobek (cero energía, cero emisiones, cero residuos), el módulo se diseñó con un alto grado de innovación. La construcción es completamente reciclable y se puede desmontar ya que todo está ensamblado. No hay materiales compuestos; por esta razón, no se utilizó yeso para la fachada exterior de alto aislamiento térmico, sino una cubierta textil extraíble. Incluso la base, que consta de soportes de acero reajustables y una rejilla de soporte, se puede quitar sin dejar ningún residuo después de que se haya movido el B10. Los productos de construcción utilizados se seleccionaron en función de su neutralidad en CO<sub>2</sub>. Los materiales de construcción experimentales, como el vidrio de vacío de solo 17 mm de espesor, se instalaron con fines de investigación, al igual que las variantes para la construcción de paredes y techos.

El inmenso esfuerzo técnico solo sirve al objetivo de generar un 200% más de energía de la que se consume y así abastecer al Museo Weissenhof (LeCorbusier), que no se puede renovar sin pérdida de diseño. Para la tecnología, se prefabricaron cuatro módulos individuales para ELT, TGA, cocina y baño independientemente del edificio restante y luego se acoplaron en su totalidad al módulo de vivienda. Esto significa: enrutamiento de cables minimizado, que no hayan instalaciones en el módulo de vivienda, cualquier disposición de los racks individuales entre sí. El concepto de construcción extremadamente flexible resultante es independiente de la ubicación y se puede ampliar según sea necesario.



103 Vista de la zona de estar. [ArchDaily]

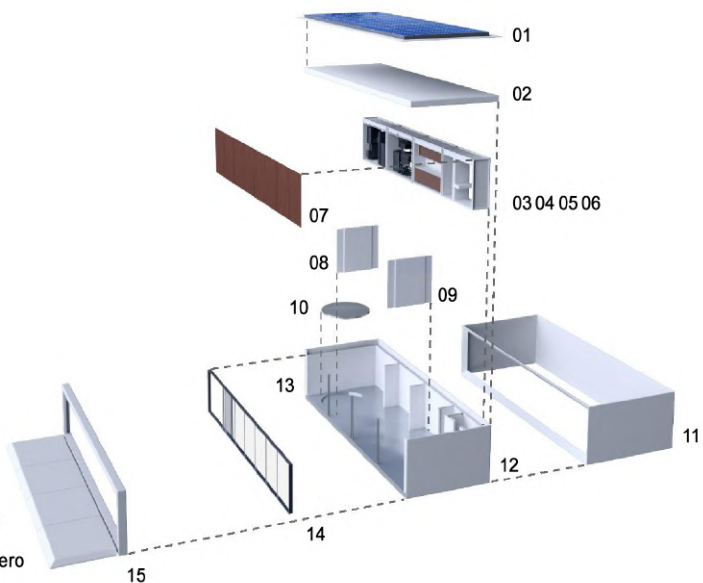


104 Vista exterior de los paneles levadizos y detalle de carpintería. [W. Sobek]

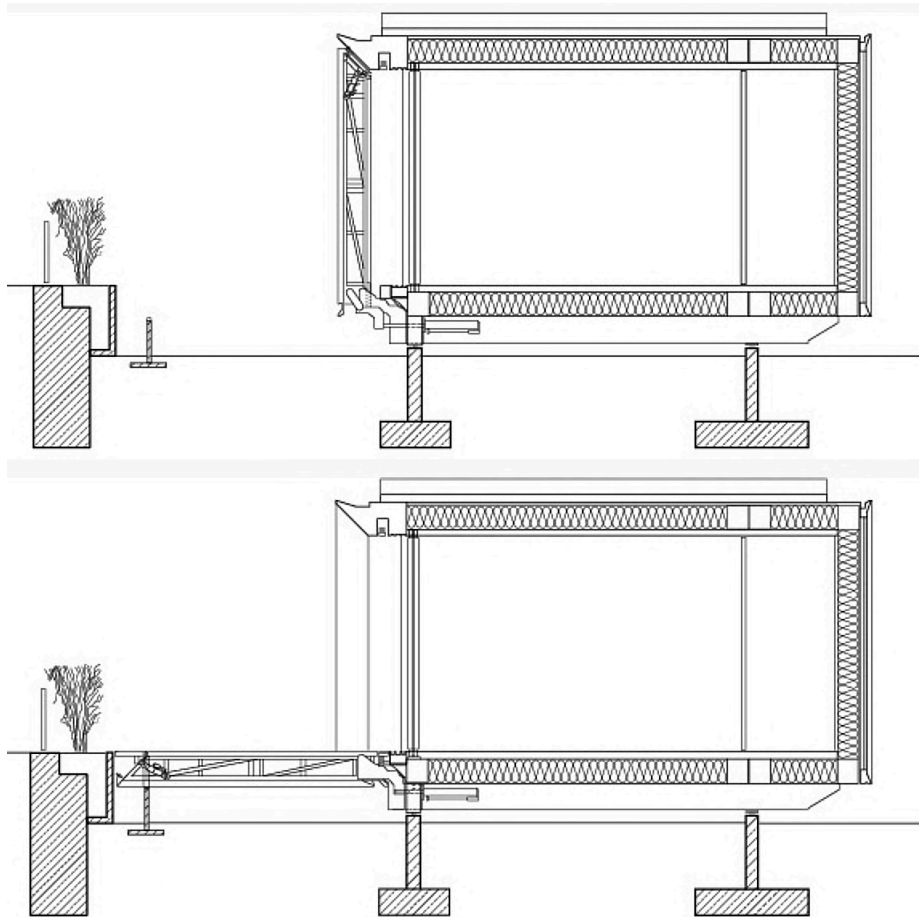


105 Módulo electrotécnico. [W. Sobek]

- 01 Sistema Fotovoltaico
- 02 Cubierta | Iluminación
- 03 Módulo Electrotécnico
- 04 Equipamiento técnico
- 05 Módulo de cocina
- 06 Módulo del baño
- 07 Paneles deslizantes modulares
- 08 Mampara de acceso
- 09 Mampara del dormitorio
- 10 Placa giratoria
- 11 Fachada textil / Iluminación
- 12 Revestimiento exterior
- 13 Baño | Suministro eléctrico
- 14 Fachada acristalada | Protección solar
- 15 Plataformas levadizas | Bastidor de acero



106 Vista general del montaje de los componentes en B10. Imagen traducida de alemán. [Werner Sobek]



107 Sección del prototipo con la terraza a casa extendida o elevada como cierre y protección. [ArchDaily]

Además de la alta calidad térmica de la envolvente del edificio, el concepto de energía proporciona el suministro de calor y frío más eficiente y que ahorra recursos. La calefacción y refrigeración se basan en una bomba de calor de agua a agua que utiliza dos fuentes de calor. Los suelos y techos se activan para la transferencia de calor / frío. Las bajas temperaturas de flujo se generan a partir de energía fotovoltaica y solar térmica, la combinación del sistema para ello está instalado en la cubierta. Un depósito de hielo como depósito de fase a largo plazo conserva el calor/frío almacenado energía. La ventilación se realiza mediante un dispositivo de ventilación compacto o un control basado en algoritmos de la fachada de vidrio. [DBZ]

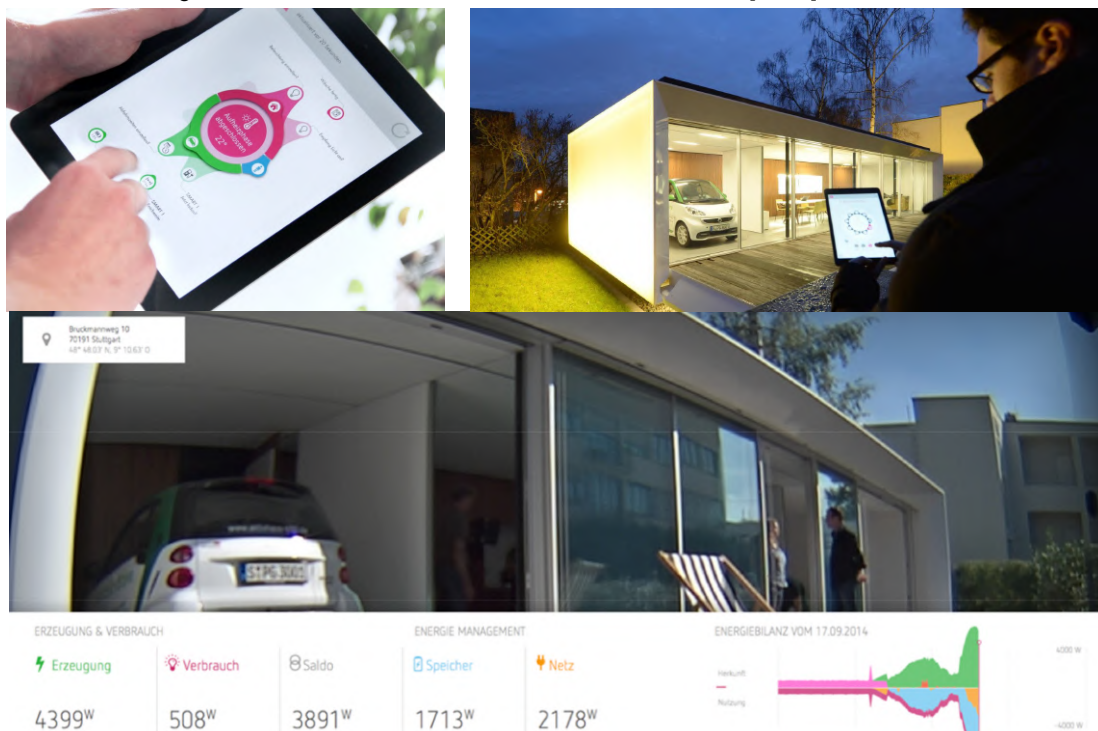


108 Terraza dividida en cuatro partes levadizas independientes que cierran la fachada de vidrio cuando no hay uso.

5 PROYECTOS AKTIVHAUS

La estructura simple se fabrica en gran medida en fábrica y se ensambla en el sitio en tan solo dos días. En el interior hay módulos compactos para domótica, cocina y cuarto húmedo. La sala de estar y el área de trabajo se pueden diseñar de forma flexible gracias a las particiones móviles. La fachada de la calle, que es el único lado abierto, puede cerrarse por completo si es necesario. Como resultado, se pierde menos energía durante los períodos vacante o de ausencia. [Werner Sobek]

La gestión de la energía con visión de futuro, que puede adaptarse a las condiciones y requisitos cambiantes, es responsable del elevado excedente de energía. Como control de edificios de autoaprendizaje, optimiza la infraestructura de carga, la tecnología del sistema y el almacenamiento y limita el consumo de energía al mínimo. El sistema registra las necesidades y hábitos de confort y movilidad de los residentes, las previsiones de carga de los dispositivos y móviles electrónicos, así como variables de influencia externas como la previsión meteorológica o la previsión diaria de ganancia energética. También se guardan las necesidades de electricidad de los edificios vecinos y la información sobre el excedente de electricidad para el operador de red. La unidad de control central acopla los flujos de energía entre edificios, E-móviles y casas vecinas, garantizando así la máxima eficiencia energética. En un lenguaje sencillo: para una climatización óptima del edificio, así como una capacidad de carga y un alcance suficientes de los móviles electrónicos. A través de una interfaz desarrollada por Sobek, los usuarios pueden comunicarse con el sistema a través de la aplicación en su teléfono inteligente o tableta e intervenir activamente en el control. [DWZ]



109 Interface APP de equilibrio energético B10. Imagen de la instantánea del sistema 17 de septiembre 2014. [alphaEOSAG]

La idea de prefabricación, montaje en seco, flexibilidad, reutilización de todos los elementos y su reubicación hacen que la opción de prototipo aislado sea un ejemplo de cómo el módulo se puede ampliar según sea necesario gracias al bastidor de tecnología flexible, un ejemplo es como se adapta este prototipo a un edificio de apartamentos o incluso como edificio de apartamentos de gran altura.



110 Vistas 3D de propuestas en altura formada por unidades B10. [ArchDaily]

## NEST UNIT UMAR, DÜBERNDORF, SUIZA. 2017

La Unidad Experimental Urban Mining & Recycling (UMAR) es parte del edificio de investigación NEST en el campus de los Laboratorios Federales Suizos de Ciencia y Tecnología de Materiales (Empa) en Dübendorf, Suiza. El diseño del edificio creado por Werner Sobek en colaboración con Dirk E. Hebel y Felix Heisel demuestra cómo un enfoque responsable para tratar con nuestros recursos naturales puede ir de la mano de una forma arquitectónica atractiva. El proyecto se basa en la propuesta de que todos los recursos necesarios para construir un edificio deben ser totalmente reutilizables, reciclables o compostables. Esto coloca el pensamiento del ciclo de vida a la vanguardia del diseño: en lugar de simplemente usar y desechar recursos, se toman prestados de sus ciclos técnicos y biológicos durante un cierto tiempo antes de volver a ponerlos en circulación nuevamente. [Werner Sobek]



111 Fachada del UMAR . [NEST-UMAR.net]

Como futuro laboratorio de vida y trabajo, NEST (Next Evolution in Sustainable Building Technologies) en los Laboratorios Federales Suizos de Ciencia y Tecnología de Materiales de Empa en Dübendorf, Suiza, consta de un edificio central con plataformas en voladizo para albergar viviendas y oficinas intercambiables, edificios, las llamadas unidades. NEST es una plataforma modular de investigación y demostración para tecnologías de construcción avanzadas e innovadoras, que permite probar, demostrar y optimizar nuevos materiales, componentes y sistemas innovadores en condiciones reales. El edificio principal de NEST se completó en 2016.

La última unidad de NEST llamada Urban Mining & Recycling implementa sistemáticamente estas ideas: el resultado es una unidad de vivienda cuyas estructuras y materiales se pueden reutilizar, reciclar o compostar completamente después del desmantelamiento. La estructura y grandes partes de la fachada están hechas de madera sin tratar. La innovación aquí radica en las uniones, explica Felix Heisel de KIT. "Todas las uniones se pueden revertir fácilmente porque, por ejemplo, los materiales no se pegan, sino que se pliegan, doblan o atornillan". La madera usada también se aplica de tal manera que ya no es necesario un recubrimiento químico estándar, lo que hace posible el reciclaje puramente clasificado por tipo o el compostaje puramente biológico.

Además de la madera, el marco de la fachada está hecho de láminas de cobre reutilizadas que anteriormente cubrían el techo de un hotel en Austria y láminas que se han fabricado con cobre reciclado fundido.

La unidad UMAR de siete módulos (2 dormitorios, 3 sala común, 1 baños y sala técnica, 1 entrada) fue prefabricada en taller y se instaló en el edificio NEST en 2017 durante un día de trabajo, dos grúas y un equipo bien sincronizado. Se inauguró el 8 de febrero de 2018 como un módulo de vida e investigación de dos dormitorios para estudiantes de los institutos Empa y Eawag. Al mismo tiempo, la unidad está abierta para visitas y eventos públicos, atrayendo un promedio de 1000 visitantes por mes. En esta doble función de living lab y showcase, UMAR tiene como objetivo validar los principios de CE, al tiempo que comunica su contenido, beneficios, efectos, detalles técnicos y estética a los clientes, la industria y las partes interesadas por igual.



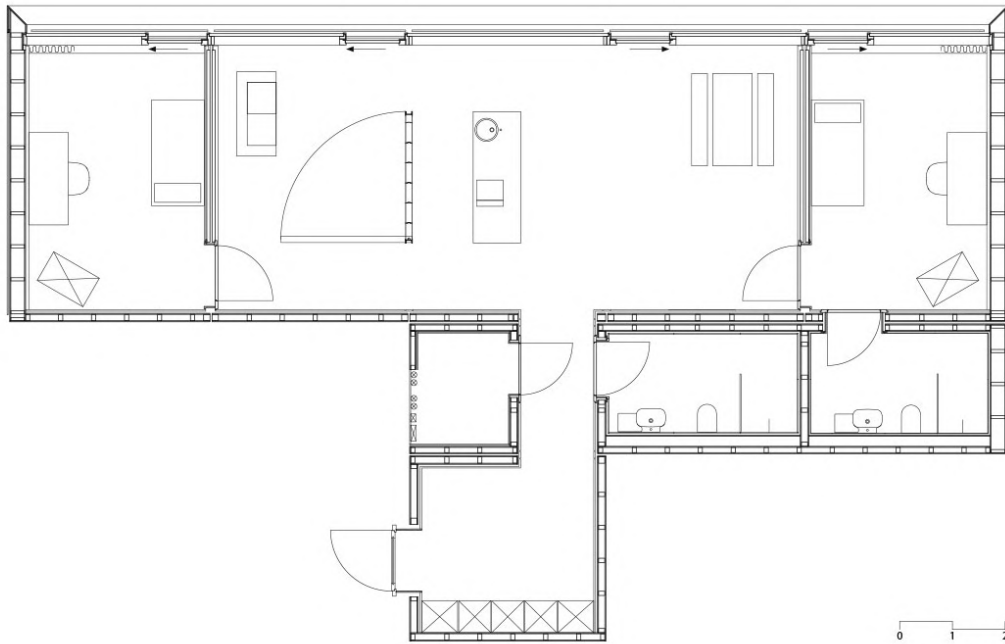
112 Sección por la unidad UMAR dentro de NEST. [NEST-UMAR.net]

Los módulos solo tenían que estar conectados espacialmente a través de tableros instalados, y en cuanto a infraestructura a través de dispositivos de acoplamiento como enchufes (electricidad) o tapones de rosca (agua). Los módulos están apoyados sobre ruedas de alta resistencia que se mueven sobre rieles y, por lo tanto, se pueden mover fácilmente a su lugar y volver a quitarlos para su desmontaje. El área de piso de la unidad completa es de  $126\text{m}^2$ , la altura entre el piso y el falso techo es de  $2,50\text{m}$ . [F.Heisel 2019]

La unidad tiene una clara orientación hacia su fachada suroeste, frente a un campo abierto con vistas alpinas. Para aumentar la cantidad de privacidad para los estudiantes, sus dos dormitorios se ubicaron en las extensiones exteriores de la unidad, separados por un área común que fusiona las áreas de cocina, comedor, sala y trabajo en arreglos cambiantes apoyados por una pared giratoria como divisor flexible. Hacia la columna vertebral y muy próximos entre sí y la estación de acoplamiento (conexión de agua, calor y electricidad a la columna vertebral), se ubicaron dos baños, así como la sala técnica. El vestíbulo de entrada cerca de la puerta principal a la columna vertebral funciona como biblioteca de materiales para funciones públicas. Los interiores se acondicionaron en los próximos días, preparando el apartamento para alojar a sus dos primeros inquilinos. Esto hizo posible que la experiencia de una prueba real viviendo en este tipo de arquitectura sostenible, ayudara a discutir sus experiencias cotidianas con los investigadores involucrados. [F.Heisel 2019]



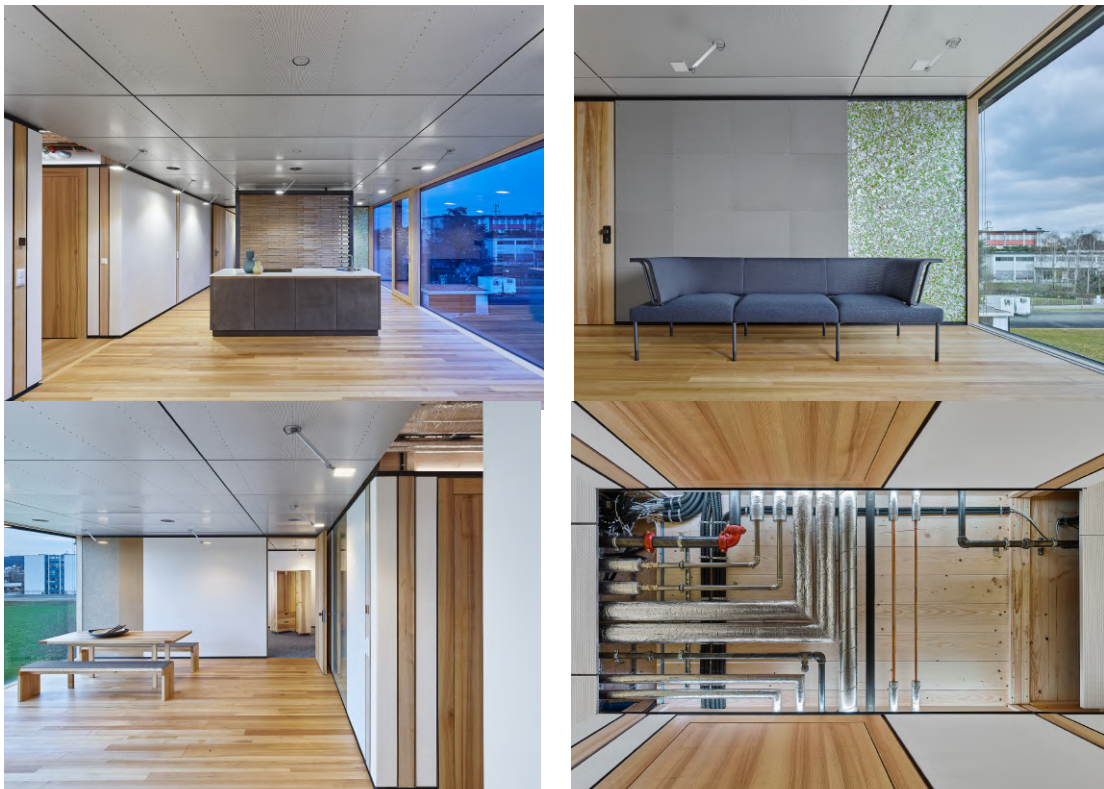
113 Instalación de un módulo de la UMAR desde fachada. [NEST-UMAR.net]



114 Planta unidad NEST UMAR. [World-architects]

NEST Unit Urban Mining & Recycling es la implementación y demostración del concepto de ciclo de vida aplicado de manera consistente a un proyecto de construcción real, con la esperanza de provocar un cambio de pensamiento en la industria de la construcción, basado en tres premisas: la eliminación temporal y el préstamo de materiales en lugar de adquisición y eliminación permanente, máxima modularización y prefabricación, potencial para que todos los materiales y productos se extraigan limpiamente, se separen y se clasifiquen antes de volver a introducirlos en sus respectivos ciclos de materiales.

Un ejemplo de arquitectura modular y sostenible con un atractivo aerodinámico, limpio y contemporáneo para enviar un mensaje real al mundo de la construcción sostenible. [FloorNature. Nest Umar]



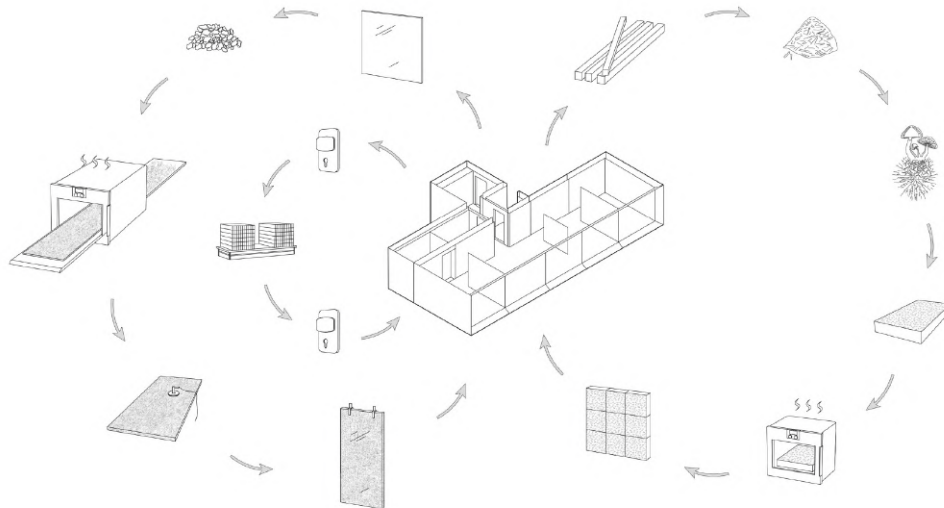
115 Vistas del interior con detalle en el uso de materiales reciclados e instalaciones en falso techo. [Zoey Braun, Stuttgart]



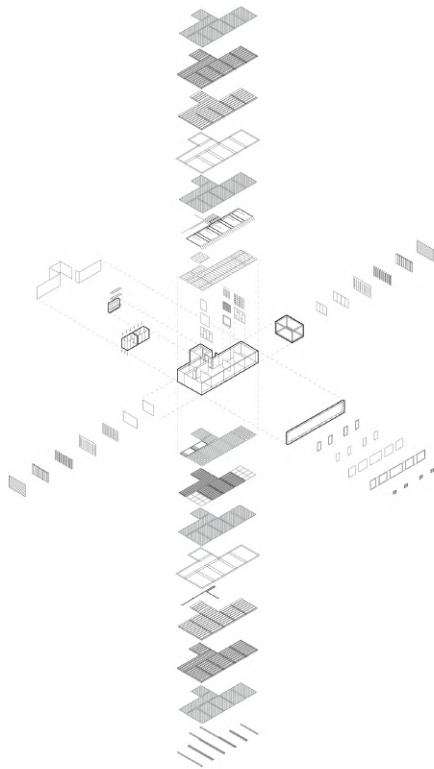
**Reutilización:** la empresa Rotor Deconstruction se hizo cargo del inventario del Generale Banque cuyo interior fue diseñado por Jules Wabbe. Esta empresa realizó un cuidadoso desmontaje y redistribución de estos objetos, lo que llevó a la instalación de las manijas de las puertas Jules Wabbes en la unidad UMAR. Como elementos de préstamo, estos mangos regresan contractualmente a Rotor Deconstruction una vez que finaliza su tiempo de servicio en la unidad, lo que garantiza la reutilización continua del artículos en otro edificio.

**Reciclaje:** la unidad UMAR utiliza vidrio Magna (pepita de hielo) en la cocina como tablero de mesa y en el baño como material de revestimiento de paredes.

**Compostaje:** el micelio es la red de raíces de los hongos, una matriz de rápido crecimiento que puede actuar como pegamento biológico y de crecimiento natural. Al digerir productos de desecho de origen vegetal, como aserrín o paja, la densa red de micelio une el sustrato en un material compuesto. En la unidad UMAR, se instalaron productos a base de micelio cultivados por la empresa estadounidense Ecovative como paneles aislantes.



116 Reutilización, reciclaje y compostaje dentro de ciclos biológicos y técnicos cerrados. [Researchgate]



117 Representación axonométrica de capas, jerarquía y ensamblaje UMAR.

[Smartenergyportal]

Adosados de forma reversible a la subestructura de la pared, estos paneles se pueden compostar completamente al final de su vida útil, proporcionando nutrientes una vez más para el crecimiento de organismos biológicos y materiales de construcción potenciales. Para garantizar un compostaje libre de contaminantes, todos los materiales biológicos en la unidad UMAR no están tratados (con la excepción de un aceite biológico cuidadosamente seleccionado para la protección del piso de la unidad).

Hoy en día, el desmantelamiento y posterior reciclaje de los materiales instalados en los edificios es solo en casos muy raros una parte integral del proceso de planificación. E incluso cuando se planea deliberadamente un desmantelamiento, una reactivación significativa de recursos falla con demasiada frecuencia debido a componentes individuales no reciclables o detalles de conexión no compatibles con el reciclaje. Así, UMAR aplicó el principio de diseño para el desmontaje a todas las escalas, desde la conexión global de módulos prefabricados en obra hasta la impermeabilización de baños, el rediseño de sus paneles de calefacción y refrigeración o el desarrollo de nuevos monomateriales. grifos. No hay pegamento ni cinta adhesiva en todo el edificio (con la excepción de un producto 100% biodegradable para las conexiones

de madera de grado a madera en el montaje de muebles). Todas las conexiones son reversibles (mediante rosca o conexión de enclavamiento), de fácil acceso y documentadas en preparación del desmantelamiento planificado de la unidad. [F.Heisel 2019]

## 6 CONCLUSIONES

Si sabemos que el 40% del consumo energético de la Unión Europea pertenece al sector de la construcción, debería de ser un tema prioritario el saber diseñar y construir de forma lo más eficiente posible ya que está mucho implicado en ello. Este trabajo quiere concienciar a los técnicos y usuarios que esa conciencia ecológica de lo que representa un buen diseño altamente eficiente es posible y ha de ser imprescindible en las decisiones que se toman en cualquier proyectos arquitectónico.

Parece no importar los cambios climáticos que estamos sufriendo, los costes y residuos que se generan o la mala calidad de vida que tenemos en nuestras residencias o lugares de trabajo. Poco nos importan los incentivos, programas de ayudas o los balances a largo plazo del ahorro en las facturas de los suministros si lo que priorizamos básicamente es el precio, la localización o la superficie de aquello que vayamos a adquirir. Estamos familiarizados con etiquetas energéticas como las de los electrodomésticos y sabemos orientarnos a la hora de elegir el más eficiente y el de mejor rendimiento. Pero no nos paramos a pensar que la vivienda o edificio donde vivimos o trabajamos, también tiene una etiqueta energética que representa una demanda, un rendimiento energético y un gasto real.

Todo en nuestro estilo de vida está relacionado y si hemos podido acostumbrarnos a elegir electrodomésticos de clase A o B también lo podemos hacer a la hora de elegir y exigir edificios de un alto rendimiento energético. Construcciones autosuficientes que producen la energía que necesitamos de una forma limpia y renovable, que nos ofrezca un confort y calidad de vida y la energía empleada en su construcción ha sido la de menor huella posible.

Todos queremos vivir y trabajar en un entorno en el que nos sintamos como en casa y que satisfaga nuestras necesidades profesionales y de ocio. En realidad, sin embargo, es una historia muy diferente: demasiado calor en verano, aire seco en invierno, iluminación artificial durante el día en lugar de la luz natural, acústica de la habitación y, sobre todo, un requerimiento de energía inaceptablemente alto para calefacción, refrigeración y agua caliente.

No somos conscientes de que la energía que consumimos en el uso de las viviendas es la Energía Útil, pero no es la única que se contabiliza en todo este proceso, hay un antes y un después que sigue contando. Las materias primas que se extraen, transforman y se producen son energía primaria que se puede reducir si se estudia y programa un buen diseño de proyecto; con materias primas cercanas, ecológicas, sostenibles, recicladas, que no produzcan emisiones o residuos su producción. Hay que limitar un consumo de recursos que no sean medioambientalmente compatibles ya que son limitados y no están equilibrados con la demanda que seguimos haciendo de ellos. Se deben olvidar muchos de los sistemas tradicionales de construcción rápidos y económicos e invertir tiempo y presupuesto de obra en mejorar soluciones constructivas que ahorren energía y proporcionen bienestar y calidad de vida para las personas que habitan estos espacios.

¿Cómo sabremos qué nivel de eficiencia tiene un proyecto? Si hubieran unos parámetros, límites o principios universales para poder comparar proyectos en cualquier parte del mundo sería la forma más fácil y rápida. Pero hay que entender que no se tiene en todos los países el mismo clima, ni los condicionantes, ni las exigencias en calidad de vida o simplemente el respeto por proteger al medio ambiente.

Muchos son los estándares energéticos que desde los 90 se están desarrollando para mejorar la envolvente y el aporte de energía renovable. Todos ellos tienen un criterio sostenible donde la medición de la energía demandada y la producida sea siempre la menor posible gracias a energías renovables como la solar, eólica, geotérmica, etc. A partir de 2010 se empiezan a centrar en puntos concretos y según sus criterios se contabilizan para clasificarlos en categorías y así entender qué nivel de eficiencia representan. Después de incluir algunos de los más conocidos cabe destacar que aunque no son todos obligatorios, debería de ser necesarios dentro de las normativas nacionales actuales a nivel global. Sólo hay que ser conscientes por ejemplo, del gran número de inmuebles existentes en el mercado que son ineficientes energéticamente tanto en su construcción, mantenimiento y uso, pero lo preocupante es lo altamente demandantes de energía que son.

A partir del año próximo, todas las obras nuevas que se construyan en España deberían cumplir con los criterios de la Comunidad Europea recogidos en el Plan de Acción para la eficiencia energética. Al menos así lo recoge la Recomendación 2016/1318, que desde el 31 de Diciembre de este año todos los edificios de obra nueva sean nZEB, más eficientes y su demanda energética sea casi cero. Esto "recomienda" a España a que sus viviendas unifamiliares por ejemplo cumplan de 0 a 15 kWh/m<sup>2</sup>a, su consumo de energía primaria neta sea entre 50 a 65 kWh/m<sup>2</sup>a de los cuales unos 50 kWh/m<sup>2</sup>a sean proporcionados por energías renovables. Siendo un país que por su geolocalización cuenta con una gran cantidad de horas diarias de sol al año, ¿por qué no se sigue invirtiendo en esta energía como algo claramente rentable y que forme parte del diseño de fachadas, cubiertas, etc.? ¿Por qué imponen tasas al uso de esta renovable y a la posibilidad de autosuficiencia energética?

Aún existen muchos obstáculos en el ámbito político y administrativo por intereses económicos y pocos son los intereses ecológicos que repercuten a corto y largo plazo, lo en los usuarios directos y a nivel global en la población mundial. La solución pasa por un trabajo de cooperación entre todas las partes involucradas, desde arquitectos, ingenieros, industria inmobiliaria, las instituciones, normativas, usuarios... Todos han de aceptar el reto que supone cambiar el uso de unos recursos limitados y dar soluciones que resuelven este déficit e incluso generan energía limpia.

Este trabajo de investigación me ayuda a ver que debemos plantear un cambio de pensamiento en el que veamos como necesario un buen diseño eficiente, ser conscientes del flujo de energía que se consume y se demanda y saber su origen sostenible, para llegar a un objetivo de autosuficiencia energética e incluso de producción limpia de energía. Ser consciente que al finalizar mis estudios cuando ejerza y diseñe (ya no bajo la supervisión de tutores) tendré que regirme por normativas. Estas normativas y estándares con criterios mínimos que me van a controlar desde el inicio del proceso con la elección de los materiales empleados, las soluciones estructurales, sobretudo un control en el proceso de instalación y construcción de estas decisiones hasta el uso final y mantenimiento posterior. Después de estudiar cómo funcionan otros certificados energéticos en otros países, tengo claro que de poco sirve exigir un certificado energético que muestre el estado poco eficiente si no hay un mínimo exigible y la obligación de intervenciones para solucionar con mejoras, como varios de los proyectos de rehabilitaciones energéticas.

En este trabajo de fin de grado he estudiado muchos ejemplos recientes que ya están construidos, y en todos ellos tras su monitorización y resultados anuales se ve lo eficientes que son y la viabilidad de que cumplen los principios de la CE. Todos ellos los he elegido porque tienen un propósito a la hora de saber utilizar bien todos los criterios Aktivhaus. Algunos proyectos destacan por la creatividad a la hora de diseñar sus fachadas y aprovechar todos los recursos cercanos que la localización les ofrece. Otros por diseñar elementos con materiales reciclables o reutilizar otros e incluso proponer detalles constructivos que mejoran sus condiciones sin perder esa parte estética que toda obra arquitectónica no debe perder. Controlar la hermeticidad de la construcción en todos sus detalles y encuentros ha de ser riguroso no sólo en elegir elementos eficientes, acristalamiento, tipos de sistemas constructivos de cubierta y fachada, la estructura y cimentación que mejor resuelva el programa, también hay que saber instalarlos correctamente y trabajar de forma organizada todos los técnicos y operarios implicados, para que los resultados de los ensayos posteriores sean los correctos que se exigen en el diseño. Este estudio me ha servido para ver que hay que ser exigentes en controlar todas las posibles pérdidas para que realmente la envolvente funcione y controle la calidad y confort necesario para su interior sin necesidad de aporte energético alguno. También me ha ayudado a entender el papel indispensable de la tecnología en los sistemas renovables de energía que se instalen ya que han de ser monitorizados para poder ver si los resultados son reales y si han de realizarse mejoras o para conocer el ahorro real que suponen. Si la tecnología nos ayuda a sacar el máximo rendimiento de éstos sistemas energéticos ha de ser rentable, asequible y mediante los terminales electrónicos de fácil manejo para el usuario. Ya que este tipo de construcciones aprende y se adapta a los usuarios según el correcto uso que se les da.

He analizado varios proyectos de Werner Sobek para mostrar la evolución desde un prototipo a una vivienda unifamiliar o una propuesta de complejo residencial por la unión de estos prototipos. Quiero concienciar de que ya actualmente hay soluciones eficientes, normativas aún no obligatorias y estándares que definen criterios a seguir para construir según Aktivhaus. Hay infinidad de posibles soluciones constructivas que tomar para definir buenos proyectos y todavía no es algo habitual. Extraigo como puntos clave de toda este análisis de W. Sobek cómo todos sus proyectos exhiben el trabajo de todas las disciplinas que interactúan buscando soluciones tan eficaces y creativas que no descuidan ningún criterio Aktivhaus y que cumplen con los certificados energéticos en sus categorías más exigentes. Desde el concepto de usar en lugar de consumir materiales, el concepto de totalmente reciclable, a la modulación en el interior, exterior y estructura que permita el montaje y transporte con un uso menor de recursos y combustibles fósiles para obtener beneficio de energías renovables y proyectar espacios saludables y respetuosos. Mostrando así la viabilidad y eficacia de lo que ya es la construcción eficiente según criterios Aktivhaus, de casas activas, generadoras de más energía que la que demandan y cómo ha sido y seguirá evolucionando la arquitectura para buscar siempre calidad y bienestar respetando y utilizando los recurso que disponemos.

## BIBLIOGRAFÍA

**Alonso J. 2019.** *Energía Solar Térmica: ¿merece la pena? Cambio Energético Blog.*

Disponible en: <https://www.cambioenergetico.com/blog/energia-solar-vs-termica/> [Consulta: 15 agosto 2020]

**ARCADIS. 2017.** Geotermia en Núcleos Urbanos. 2 marzo 2017.

Disponible en: <https://docplayer.es/50462701-Geotermia-en-nucleos-urbanos.html> [Consulta: 30 junio 2020]

**Archzine.** Barcelona. *Blog sobre arquitectura y arte contemporáneo.*

Disponible en: <https://afasiaarchzine.com> [Consulta: 9 julio 2020]

**Arquitectura Customizada WordPress, 2013.** *Heliotrop.*

Disponible: <https://arquitecturacustomizada.wordpress.com/2013/01/11/heliotrop/> [Consulta: 12 junio 2020]

**Arquitour, 2009.** *House R128- Werner Sobek. Enero 29, 2009.*

Disponible en: <http://www.arquitour.com/house-r128-werner-sobek/2009/01/> [Consulta: 10 julio 2020]

**BAU Passivhaus 2017.** El estándar Passivhaus.

Disponible en: <http://www.baupassivhaus.com/que-es-passivhaus/> [Consulta: 2 junio 2020]

**Ballard Bell, V. y Rand P. 2006.** *Materials for Architectural Design. Laurence King Publishing.*

**Baumgartner Gmbh 2016.** *Experimental Building R128.*

Disponible: <https://www.baumgartner-gmbh.de/english/portfolio/experimentalhaus-r128/>  
[Consulta: 15 mayo 2020]

**Block P., Schwartz J. 2019.** *Diseño estructural III.*

Disponible en: <http://www.block.arch.ethz.ch/eq/course> [Consulta: 19 agosto 2020]

**BYRUM, 2017.** *Geothermal vs Heat Pumps: What works best for you?*

Disponible en: <https://www.byrumhvac.com/blog/geothermal-vs-heat-pumps-works-best>  
[Consulta: 15 agosto 2020]

**Calbureanu, D. M.; Calbureanu, M.; Malciu, R. 2018:** *Active House - A Building that Offers more than Consumes, Zurich: Trans Tech Publications Ltd , 27, pp.193-201.*

**CasaClima 2019.** *KlimaHaus.*

Disponible en: <https://www.agenziacasaclima.it/it/home-1.html> [Consulta: 2 junio 2020]

**CDN archilovers.** *VELUX SunLightHouse.*

Disponible en: <https://cdn.archilovers.com/projects/bd0922ceefe748078b72208cc5730055.pdf>  
[Consulta: 14 agosto 2020]

**Certificadosenergeticos.com Blog.** *Materiales de cambio de fase para mejorar la eficiencia energética de edificios.*

Disponible en: <https://www.certificadosenergeticos.com/materiales-de-cambio-de-fase-mejorar-eficiencia-energetica-edificios> [Consulta: 28 julio 2020]

**Christensen & Co Architects.** Archello. *SunHouse; Energy producing nursery.*

Disponible en: <https://archello.com/project/sunhouse-energy-producing-nursery> [Consulta: 16 junio 2020]

**Christiane Bürklein, 2018.** *Floornature Architecture & Surfaces Blog. NEST UMAR, really sustainable living.*

Disponible en: <https://www.floornature.com/blog/nest-umar-abitare-davvero-sostenibile-14324/>

[Consulta: 5 agosto 2020]

**Dadarchitekten gmbh, 2020.** *Plusenergiehaus Luchliweg Münsingen.*

Disponible en: <https://dadarchitekten.ch/2012/02/plusenergiehaus-luchliweg-munsingen-2/>

[Consulta: 21 junio 2020]

**Danielsen. BuilHomesGreen, 2020.** *Air Sealing and Insulation.*

Disponible en: <http://www.buildhomesgreen.com/energy-efficiency/air-sealing-insulation/>

[Consulta: 26 junio 2020]

**Domingo Barroso SL, 2018.** *Entrevidrios. Diferencias entre control solar y aislamiento térmico reforzado.*

Disponible en: <https://entrevidrios.com/D/post/diferencias-entre-control-solar-y-aislamiento-termico-reforzado/>

[Consulta: 23 junio 2020]

**EnergieWendeBauen, 2017.** *Energy Self-sufficient living.*

Disponible en: <https://projektinfos.energiewendebauen.de/en/project/single-family-homes-with-renewable-electricity-and-heating-supply/> [Consulta: 17 mayo 2020]

**Engelund Thomsen K.; Rose J., 2012.** *Hiperatlas. Historic Building Ebergy Retrofit Atlas. Project: Osram Building.* Disponible en:

[https://www.hiberatlas.com/smarteredit/projects/16/SBi\\_AAU\\_OsramBuilding\\_RelatedPublication\\_001\(1\).pdf](https://www.hiberatlas.com/smarteredit/projects/16/SBi_AAU_OsramBuilding_RelatedPublication_001(1).pdf)

[Consulta: 6 agosto 2020]

**Erhorn, H., Erhin-Kluttig, H., 2014:** *Selected Examples of Nearly Zero-Energy Buildings. Concerted Action. Energy Performance of buildings.*

Disponible en: [https://systemevergreen.ch/wp-content/uploads/2018/04/CT5\\_Report\\_Selected\\_examples\\_of\\_NZEBs-final.pdf](https://systemevergreen.ch/wp-content/uploads/2018/04/CT5_Report_Selected_examples_of_NZEBs-final.pdf)

[Consulta: 29 Junio 2020]

**Eriksen, RE.; Rode C., 2013:** *Active House: Smart Nearly Zero Energy Buildings book, Alliance.*

F Heisel et al 2019 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 225 012049 Resource-respectful construction – the case of the Urban Mining and Recycling unit (UMAR)

Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/331314099\\_Resource-respectful\\_construction\\_-\\_the\\_case\\_of\\_the\\_Urban\\_Mining\\_and\\_Recycling\\_unit\\_UMAR](https://www.researchgate.net/publication/331314099_Resource-respectful_construction_-_the_case_of_the_Urban_Mining_and_Recycling_unit_UMAR) [Consulta: 14 agosto 2020]

**Feifer, L. Imperadori, M.; Salvalai, G.; Brambilla, A.; Brunone, F., 2018:** *Active House: Smart Nearly Zero Energy Buildings;* Springer, Cham.

Floornature Architecture & Surfaces (2018) *International School de Copenhage con fachada de paneles solares.*

Disponible en: <https://www.floornature.es/soluciones-arquitectonicas/international-school-de-copenhague-con-fachada-de-paneles-so-13985/> [Consulta: 2 julio 2020]

**Hausbec.** *Passivhaus.*

Disponible en: <https://www.hausbec.com/hogar-passivhaus/> [Consulta: 12 mayo 2020]

**Hegger, M.; Fafflok, C.; Hegger, J.; Passig, I., 2016:** *Aktivhaus The Reference Work. From Passivhaus to Energy-Plus House;* Basel, Birkhäuser.

**HWP- Hullmann, Wilkomm & Partner.** Acero inoxidable en Energía Solar. Estudio de Fachada del Centro de mantenimiento de carreteras en Bursins, Suiza. Disponible en: [https://www.imoa.info/download\\_files/stainless-steel/euroinox/CeRN.pdf?m=1488119238&](https://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/euroinox/CeRN.pdf?m=1488119238&) [Consulta: 12 agosto 2020]

**Interempresas. Modificaciones en el Código Técnico de la Edificación 2020.**

Disponible en: <https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/254973-Modificaciones-en-el-Codigo-Tecnico-de-la-Edificacion-2020.html> [Consulta: 14 agosto 2020]

**International Active House Alliance, 2020. Active House Projects.**

Disponible en: <https://www.activehouse.info> [Consulta: 5 mayo 2020]

**López Jimeno, C. 2016. La energía Geotérmica en la Comunidad de Madrid.** D.G. Industria, Energía y Minas Comunidad de Madrid 5 julio 2016.

Disponible en: <http://docplayer.es/88505558-La-energia-geotermica-en-la-comunidad-de-madrid-carlos-lopez-jimeno-d-g-industria-energia-y-minas-comunidad-de-madrid.html> [Consulta: 15 agosto 2020]

**Magrini, A.; Lentini, G.; Cuman, S.; Bodrato, A.; Marengo, L., 2020: "From nearly zero energy buildings (NZEB) to positive energy buildings (PEB): The next challenge - The most recent European trends with some notes on the energy analysis of a forerunner PEB example",** Developments in the Built Environment, Volume 3, 3-4.

**Manca, M. El edificio nZEB, el nuevo modelo arquitectónico que consume cero: la experiencia de Picharchitects, in: 3r Congrés d'Economia i Empresa de Catalunya.**

Disponible en: [https://www.scipedia.com/public/Manca\\_2018b](https://www.scipedia.com/public/Manca_2018b) [Consulta: 6 julio 2020]

**Mariño Mur, A. 2012. TFG 2011/12 UPV. Caracterización Térmica de un conjunto de edificaciones del Pirineo Oscense mediante Termografía Infrarroja.**

Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/17147> [Consulta: 26 junio 2020]

**McLaren W. Architecture & Design. The state of phase change Materials in Australia.**

Disponible en: <https://www.architectureanddesign.com.au/features/features-articles/the-state-of-phase-change-materials-in-australian> [Consulta: 28 julio 2020]

**Minergie Estándar, 2020. Swiss Bois.**

Disponible: <https://www.swissbois.ch/index.php/technologie/standard-minergie/?lang=de> [Consulta: 2 junio 2020]

**Munari Probst, M.C.; Roecker C., 2013. DISEÑO DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS PARA LA INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA. Criterios y directrices para desarrollar productos y sistemas. Solar Heating & Cooling Programme International Energy Agency.**

*NEST Unit UMAR, Dübendorf, Suiza.*

Disponible en: <http://nest-umar.net/portfolio/umar/> [Consulta: 5 agosto 2020]

**One Kindexign, 2011. Off-the-grid green house with glass façade.**

Disponible: <https://onekindexign.com/2011/03/25/off-the-grid-green-house-with-glass-facade> [Consulta: 11 julio 2020]

**Ovacen, 2016. Certificado energético edificio existente.**

Disponible en: <https://ovacen.com/certificado-energetico/> [Consulta: 20 mayo 2020]

**Mørk A., 2013. Plataforma Arquitectura. "Sunlighthouse / Juri Troy Architects"** [Sunlighthouse / Juri Troy Architects] 22 dic 2013.

Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-320121/sunlighthouse-juri-troy-architects/52aa7858e8e44ee88f000080-sunlighthouse-juri-troy-architects-photo> [Consulta: 14 agosto 2020]

**Rode, C.; Eriksen, K.E., 2013: Specification and Assessment Criteria of Active Houses, CESB'13, Integrated Building Design.**

Disponible en: [http://www.cesb.cz/cesb13/proceedings/4\\_design/CESB13\\_1516.pdf](http://www.cesb.cz/cesb13/proceedings/4_design/CESB13_1516.pdf) [Consulta: 22 mayo 2020]

**Trabajo Fin de Grado | Patricia Domingo Gimeno 97**

TFG Diseño constructivo y estrategias para Aktivhaus

#### BIBLIOGRAFÍA

**Saint-Gobain**. SGG Stadip Silence. *Acristalamiento laminado con prestaciones acústicas de seguridad*.

Disponible en:

<https://15f8034cdf6595cbfa11dd67c28d3aade9d3442ee99310d18bd.ssl.cf3.rackcdn.com/44af90fc7598c2c87a66941d711b3b67/SGGSTADIPSILENCE.pdf> [Consulta: 23 junio 2020]

**Saint Gobain GYPROC, 2020**. *Hotel Arima*.

Disponible en: <https://www.saint-gobain-gyproc.com/projects/hotel-arima> [Consulta: 2 agosto 2020]

**Smart Energy Portal. 2018**. *Nest-Exploring the Future of Buildings*.

Disponible: <https://www.smartenergyportal.ch/nest-exploring-the-future-of-buildings-2-2/>

[Consulta: 11 agosto 2020]

**Stainless**. *Steel in Solar Energy*.

Disponible en: [https://www.worldstainless.org/Files/ISSF/non-image-](https://www.worldstainless.org/Files/ISSF/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_in_Solar_Energy_Use_Case_Study_1.pdf)

[files/PDF/ISSF\\_Stainless\\_Steel\\_in\\_Solar\\_Energy\\_Use\\_Case\\_Study\\_1.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/ISSF/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_in_Solar_Energy_Use_Case_Study_1.pdf) [Consulta: 15 agosto 2020]

**Stang, A.; Hawthorne, C., 2010**. *The Green House the Princeton Architectural Press New York The National*

*Building Museum Washington, D.C.* New Directions in Sustainable Architecture, página 111 [Consulta: 29 junio 2020]

**TECPA, 2020**. *La Energía Geotérmica*. 21 enero 2020.

Disponible en: <https://www.tecpa.es/energia-geotermica/> [Consulta: 15 agosto 2020]

**The Plan Magazine. Award 2017. Education. Copenhagen International School – Nordhavn**.

Disponible en: <https://www.theplan.it/award-2017-education/copenhagen-international-school-nordhavn-2>

[Consulta: 23 julio 2020]

**Timo Leukefeld**. *Vida Autosuficiente Energética. Viviendas unifamiliares con suministro de electricidad y calefacción renovables*.

Disponible en: <https://projektinfos.energiewendebauen.de/en/project/single-family-homes-with-renewable-electricity-and-heating-supply/> [Consulta: 17 mayo 2020]

**Varios autores DBZ, 04/2012**. *Vivir del futuro F87 - Efficiency House Plus con electromovilidad*.

Disponible en:

[https://www.dbz.de/artikel/dbz\\_Wohnen\\_der\\_Zukunft\\_F87\\_Effizienzhaus\\_Plus\\_mit\\_Elektromobilitaet\\_Berlin\\_1404609.html](https://www.dbz.de/artikel/dbz_Wohnen_der_Zukunft_F87_Effizienzhaus_Plus_mit_Elektromobilitaet_Berlin_1404609.html) [Consulta: 14 julio 2020]

**Varios autores DETAIL 2011**. *Triangle of sustainability*.

Disponible en: <https://www.detail.de/en/article/triangle-of-sustainability-13883/> [Consulta: 5 julio 2020]

**Varios autores DETAIL 06/ 2007**. *Dwellings for Senior citizens in Domat, Ems*.

Disponible en:

[https://www.detail.de/fileadmin/uploads/10PDFs/Sonderpreis\\_Energieeffizientes\\_Bauen\\_2007\\_Alterswohnen.pdf](https://www.detail.de/fileadmin/uploads/10PDFs/Sonderpreis_Energieeffizientes_Bauen_2007_Alterswohnen.pdf) [Consulta: 4 julio 2020]

**Varios autores, 2018**. *Phase change Materials (PCMs)- Innovative Materials for Improvement of Energy Efficiency of Buildings*. 6th International Conference Contemporary Achievements in Civil Engineering. Subotica, Serbia. 2018

Revista Acero Inoxidable nº 55. CEDINOX. *Centro para la investigación y Desarrollo. Aeropuerto de Barajas*.

*Terminal 4*. Marzo 2006. [Consulta: 6 agosto 2020]

**TFG** Diseño constructivo y estrategias para Aktivhaus

**BIBLIOGRAFÍA**

**VELUX, 2011.** *Sunlighthouse, equilibrio entre eficiencia energética y luz natural.* Wordpress.

Disponible en: <https://elescapedelaconstruccion.wordpress.com/2011/07/18/velux-sunlighthouse-equilibrio-entre-eficiencia-energetica-y-luz-natural/> [Consulta: 14 agosto 2020]

**VELUX.** *Osram House. Culture Centre, Copenhagen.*

Disponible en: <https://www.velux.co.uk/professional/tools/architects/cases/osram-culture-centre-denmark> [Consulta: 6 agosto 2020]

Disponible también en:

[https://velcdn.azureedge.net/~media/marketing/master/professional/cases/osram%20culture%20centre%20-%20denmark/120543-01\\_r544-007.pdf](https://velcdn.azureedge.net/~media/marketing/master/professional/cases/osram%20culture%20centre%20-%20denmark/120543-01_r544-007.pdf) [Consulta: 6 agosto 2020]

**Werner Sobek, 2020.** Website.

Disponible en: <https://www.wernersobek.de/en/> [Consulta: 2 junio 2020]

**Wir Holzbauer.** *Beer Holzbau AG, Ostermundigen.*

Disponible en: <https://www.holzbau-schweiz.ch/de/wir-holzbauer/holzbauobjekte/objekt/plusenergiehaus/> [Consulta: 16 junio 2020]

**Zabalza J. 2020.** *“La vida de aprendizaje y puesta en práctica del arquitecto Iñaki Urkia” La voz de la merindad. 23 Abril 2020.*

Disponible en: <http://merindad.com/inaki-urkia-construir-habitar-pensar/> [Consulta: 11 Julio 2020]

**Zecc.** *Sustainable Monument.*

Disponible: <https://www.zecc.nl/en/Projects/project/64/Sustainable-Monument-Driebergen> [Consulta: 23 junio 2020]



## REFERENCIA IMÁGENES

### INTRODUCCIÓN

1.	Criterios de equilibrio energético. ....	2
2.	Ranking de elementos determinantes en la decisión de compra. ....	3
3.	Indicadores energéticos y escala de calificación de eficiencia energética. ....	4
4.	Estrategias constructivas para conservar los recursos, mapa de sostenibilidad. ....	5

### ESTÁNDARES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

5.	Panel Divulgativo Arquitectura Bioclimática. I. Urkia. Energía renovable práctica. ....	6
6.	Esquema de principios de certificación VERDE. ....	7
7.	Esquemas de las propuestas en el desarrollo del residencial Puerta de Alicante. ....	8
8.	Tabla de requisitos principales en Categorías BREEAM ES Vivienda. Manual Técnico. ....	9
9.	Ejemplo de un Requisito BREEAM ES Vivienda. Manual Técnico. ....	10
10.	Tabla de control BD+C para certificado LEED proyecto de vivienda. ....	11
11.	Esquema construcción Passivhaus. ....	12
12.	Ficha técnica para certificación Passivhaus. ....	13
13.	Vistas del hotel Arima. Planta, sección y alzado. ....	14
14.	Hall y acceso terraza exterior. ....	15
15.	Equilibrio de Energía en Efficiency House Plus. ....	16
16.	Vistas exteriores de localización en el barrio. Vista alzado. Interior escalera y concentración instalaciones. Planta primera zona de día, segunda planta dormitorios y tercera planta. ....	17
17.	Sección. Vista del cilindro interior con el sistema de rotación.	
18.	Detalle durante la construcción de la cimentación del núcleo giratorio.	
19.	Vista interior de cocina y comedor. Detalle núcleo de escalera con instalaciones. ....	18
20.	Detalle de los colectores térmicos en fachada. Vista del núcleo de instalaciones y escalera.	
21.	Colectores integrado en cubierta solar térmica. b) Placas Fotovoltaicas. c) Acumulador térmico de almacenaje prolongado. d) Batería de almacenaje exterior. ....	19
22.	Planta Baja y primer piso.	
23.	Muros de ladrillo macizo de inercia térmica y estructura de madera en el tejado. Interior de la zona de comedor-cocina. Estufa de leña refrigerada con agua. ....	20
24.	Balance de calor para el edificio residencial y la cobertura solar térmica para el período 2014 y 2015.	
25.	Balance de electricidad para el edificio residencial y la cobertura solar eléctrica para el período 2014 y 2015. En agosto de 2015, la electricidad se extrajo de la red eléctrica debido a los trabajos de mantenimiento que se realizan en la batería (B). ....	21
26.	Diagrama RADAR con las nueve especificaciones del Standar Active House. ....	22
27.	Criterios de estándares Minergie. ....	26
28.	Comparación de los 3 criterios Minergie. ....	27

### CRITERIOS AKTIVHAUS

29.	Solhuset Centro Infantil Hørsholm, Dinamarca, 2010. ....	29
30.	Planta Baja. Vistas del confort en sala interior y vista de espacio exterior en fachada norte.	
31.	Esquema con los criterios energéticos eficientes adoptados en el centro infantil.	
32.	Paneles solares y lucernarios. Fachada de madera aislante. Lucernarios e Iluminación LED. ....	30
33.	Vistas exteriores. ....	31
34.	Plantas. Sección. Alzado. Vista de las placas fotovoltaicas de cubierta. ....	32
35.	Sección constructiva con aislamiento externo. ....	33
36.	Vistas de fachada posterior y la ampliación con la cocina. ....	34
37.	Planta y sección por la ampliación.	
38.	Imagen interior carpintería. Imagen exterior y ampliación de la restauración de la villa. ....	35
39.	Detalle constructivo de acristalamiento y aislamiento interno. ....	36
40.	Desarrollo de estándares de sistemas de acristalamiento. ....	37
41.	Aislamiento térmico de marcos y vidrios.	

42.	Base de datos multifabricante.....	38
43.	Interior Terminal 4. Fachada acristalada y parasoles exteriores. ....	39
44.	Comparación de perfiles según aislamiento. ....	40
45.	Fachada nave industrial OSRAM en la actualidad.	
46.	Instalación ventanas en cubierta con sistema de protección solar y apertura automatizada. ....	41
47.	Estudio aporte iluminación previo y posterior a la renovación.	
48.	Fachada posterior antes y después de la remodelación. ....	42
49.	Plantas y secciones OSRAM. ....	43
50.	Comparativa demanda y suministro energía previo y posterior a la remodelación.....	44
51.	Ejemplos de puentes térmicos detectados por termografía infrarroja. ....	45
52.	Fotomontaje con varias termografías del edificio sin reformar y reformado.	
53.	Termografía cuantitativa de fachadas. ....	46
54.	Esquema fugas comunes de aire en una casa estándar.	
55.	Proceso Blower Fan. ....	47
56.	PCM amortiguador térmico para los días de calor.	
57.	Diferentes formatos de almacenaje y presentación para materiales de cambio de fase. ....	48
58.	Detalle funcionamiento GlassX. EXAMPLES OF SPECIAL FEATURES PH and Phase Change Materials. ...	49
59.	Fachada Sur acristalada. Fachada Norte más compacta. Interior apartamento. Detalle de GlassX. ....	50
60.	Vista aérea Escuela Internacional. ....	51
61.	Secciones transversales y longitudinal. ....	52
62.	Planta Baja. Primera, segunda y tercera con aulas. ....	53
63.	Vistas de la fachada desde diferentes orientaciones.	
64.	Vistas interiores con la entrada de luz natural a las zonas comunes situadas en la planta baja del edificio.	
65.	Sección constructiva, detalle de la cubierta verde y paneles fotovoltaico. ....	54
66.	Colector de termosifón. Colector de circulación forzada.	
67.	Sistema solar térmico termosifón vs sistema de circulación forzada. ....	55
68.	Detalle fachada Sur CeRN.	
69.	Alzados y plantas del edificio nuevo de mantenimiento en Bursins. ....	56
70.	Vista detallada de la conexión superior de los colectores solares a las ventanas de la planta superior..	57
71.	Detalle constructivo fachada Sur. ....	58
72.	Detalle de la unión de cuatro colectores solares. ....	59
73.	Funcionamiento energía geotérmica. ....	60
74.	Vista del complejo de viviendas EAI 310.	
75.	Fotos de las 70 perforaciones de 125 m y sondeos previos a la construcción de la cimentación del complejo. Esquema de conexión. Campo de sondeos geotérmicos. ....	62
76.	Vistas interiores VELUX SunlightHouse Pressbaum. ....	63
77.	Vista exterior y fachada posterior. Sección de esquema de soluciones energéticas. ....	64
78.	Secciones.	
79.	Plantas.	
80.	Montaje piezas prefabricadas de la fachada y vista de la cubierta en construcción. ....	65
81.	Sección constructiva de la envolvente del edificio. ....	66
82.	Sección longitudinal, con el sistema de acceso por pasarela y sistema de escalera en el interior.	

#### PROYECTOS AKTIVHAUS

83.	Vistas exteriores de la fachada acristalada de día y de noche. ....	69
84.	Vistas interiores, comunicación vertical, zona de cocina y comedor, zona opaco en el interior y detalle de la estructura mediante cruces con tirantes. ....	70
85.	Diagramas de los sistemas de climatización.	
86.	Distribución de las plantas. ....	71
87.	Nudo estructural, encuentro de viga, pilar y arriostramiento. Detalles del arriostramiento por tirantes de acero de sección rectangular. Foto de la fachada iluminada con arriostramiento interior. Esquema de arriostramiento contra efecto de viento dirección transversal, central y derecha de la estructura. ....	72
88.	Detalle de placas Vista de cubierta con paneles fotovoltaicos. ....	73

89.	Detalle de panel batiente acristalado. ....	74
90.	Vistas trasea y frontal F78. DBZ Vivir del futuro F87 - Efficiency House Plus con electromovilidad. ....	75
91.	Planta Baja y primera. ....	76
92.	Sección F87.	
93.	Ilustración esquemática de ventilación. ....	77
94.	Esquema explotado.	
95.	Sección técnica F87. ....	78
96.	Montaje de la escalera prefabricada. Construcción del núcleo tecnológico en el escaparate del edificio	79
97.	Sección constructiva pared exterior opaca y de detalle de la fachada de vidrio. ....	80
98.	Situación B10 en parcela. Vista desde la calle de B10 en Bruckmannweg. ....	81
99.	Montaje en taller de la B10. Transporte y posicionamiento en parcela. ....	82
100.	Proceso de montaje de las dos piezas de B10. ....	83
101.	Ensamblaje en seco de las dos piezas prefabricadas. ....	84
102.	Planta y entorno de la parcela.	
103.	Vista de la zona de estar. ....	85
104.	Vista exterior de los paneles levadizos y detalle de carpintería.	
105.	Módulo electrotécnico.	
106.	Vista general del montaje de los componentes en B10. ....	86
107.	Sección del prototipo con la terraza a casa extendida o elevada como cierre y protección.	
108.	Terraza dividida en 4 partes levadizas independientes. ....	87
109.	Interface APP de equilibrio energético B10. Imagen de la instantánea del sistema 17 de sept 2014.	
110.	Vistas 3D de propuestas en altura formada por unidades B10. ....	88
111.	Fachada del UMAR . ....	89
112.	Sección por la unidad NEST dentro de UMAR. ....	90
113.	Instalación de un módulo de la NEST desde fachada.	
114.	Planta unidad NEST dentro de UMAR.	
115.	Vistas del interior con detalle en el uso de materiales reciclados e instalaciones en falso techo.. ....	91
116.	Reutilización, reciclaje y compostaje dentro de ciclos biológicos y técnicos cerrados.	
117.	Representación axonométrica de capas, jerarquía y ensamblaje UMAR. ....	92