



R128 Y B10, ORIGEN Y META DE LAS AKTIVHAUS

EL FUTURO DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

Por: **Adrián Lillo Castaños** TRABAJO DE FIN DE GRADO
Presentado como requisito para optar al
título de Graduado en Fundamentos de la
Arquitectura

Tutor: **Juan José Tuset Davó** Valencia, octubre de 2018

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOSp1
Bases, origen de la idea y metodología	
Definición de Arquitectura Bioclimática	
Origen de la Aktivhaus: la Passivhaus	
La arquitectura de Werner Sobek	
LA ARQUITECTURA DESDE SU FACETA PSICOLÓGICA Y PROYECTUALp9
Vertiente psicológica	
Vertiente proyectual	
CONCEPTO DE AKTIVHAUSp15
Principios	
Diseño de la Aktivhaus	
R128p25
Concepto	
Características	
B10p38
Concepto	
Características	
CONCLUSIÓNp51
ANEXOSp57
BIBLIOGRAFÍAp59

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de final de grado consiste en analizar los principales conceptos de la arquitectura bioclimática aplicados en las Aktivhaus. Para ello, se analizarán las viviendas R128 y B10, el origen y la meta de las Aktivhaus.

Los humanos pasamos más del 90% de nuestro tiempo en espacios cerrados, es por tanto vital entender la arquitectura tanto desde su faceta psicológica como desde la proyectual. Es por ello necesario realizar un análisis conceptual del diseño arquitectónico presente.

El concepto de las Passivhaus surge en 1987. Su principal objetivo era mejorar el equilibrio térmico de los edificios mediante el aislamiento eficaz de la envolvente y minimizar las pérdidas de calor asegurando la hermeticidad y la instalación de un sistema de recuperación de calor. Podemos considerar esta idea como el paso previo a las Aktivhaus.

El concepto de la Aktivhaus es un término acuñado por el arquitecto Werner Sobek (Stuttgart, Alemania). Se define como un edificio innovador y sostenible que no solo genera toda la energía necesaria a partir de fuentes sostenibles, sino que también pueda reciclarse al 100%. El edificio es diseñado para crear un vínculo entre el entorno construido y la electromovilidad y mostrar como una red inteligente puede hacer una contribución sustancial al ajuste de la generación de energía y su consumo.

Werner Sobek diseña el antecesor de las Aktivhaus en el año 1999. El proyecto se llama

R128, abreviado de la dirección Römerstraße 128. Es un edificio de cuatro pisos completamente reciclable, no produce emisiones, es autosuficiente en términos de requerimiento de energía de calefacción y tiene un diseño modular. Debido a su ensamblaje, no solo se puede ensamblar y desmontar fácilmente sino que también es completamente reciclable. La energía eléctrica requerida es producida por células solares.

Cuando se construyó en 1927 la Weissenhof, representó una revolución en la industria de la construcción: los diseños creados por varios arquitectos de fama mundial demostraron cómo podríamos construir y vivir en el futuro. Algunas partes de Weissenhof fueron destruidas durante la guerra y reconstruidas después, a excepción de una parcela de terreno en Bruckmannweg que no se usó desde 1945. Ahora, en el sitio se encuentra un edificio nuevo, progresivo y orientado al futuro. Está diseñado para demostrar cómo materiales innovadores, construcciones y tecnologías pueden mejorar de manera sostenible nuestro mundo construido. El proyecto de investigación llamado "B10", abreviado de la dirección Bruckmannweg 10, es la primera Aktivhaus en el mundo. Gracias a un concepto de energía sofisticado y un sistema de control del edificio de autoaprendizaje, la casa genera el doble de energía de la que realmente necesita.

ABSTRACT

The aim of this final degree project is to analyse the main concepts of bioclimatic architecture applied in the Aktivhaus. Houses R128 and B10 will be analysed, the origin and the goal of the Aktivhaus.

Humans spend more than 90% of our time in closed spaces, it is vital to understand architecture from these two aspects, the psychological and the projective. It is necessary to carry out a conceptual analysis of the present architectural design.

The Passivhaus concept emerged in 1987. Its main objective was to improve the heat balance of buildings through effective isolation of the envelope and minimize heat losses and ensuring the tightness installation of a heat recovery system. We can consider this idea as the previous step to the Aktivhaus.

The concept of the Aktivhaus is a term coined by the architect Werner Sobek, Stuttgart, Germany. It is defined as an innovative and sustainable building that not only generates all its energy needs from renewable sources, it can be recycled a 100 per cent. The building was equally to create a close link between our built environment and electromobility and it was to demonstrate how a smart grid can make a substantial contribution towards an adjustment of energy production and energy consumption

Werner Sobek designed the predecessor of the Aktivhaus in 1999. The project is called R128, abbreviated from the address Römersstraße 128. Four-story building which is completely recyclable, produces no emissions, self-sufficient in terms of heating energy requirement and it has a modular design. Because of its assembly, it cannot only be assembled and dismantled easily but is also completely recyclable. The electrical energy required is produced by solar cells.

When it was built in 1927 the Weissenhof, it was tantamount to a revolution in the building industry: the designs created by various world-famous architects demonstrated how we could build and live in the future. Parts of the Weissenhof Estate were destroyed during the war and rebuilt afterwards - with the exception of one plot of ground in Bruckmannweg that has lain unused since 1945. Now, a new and progressive, future-oriented building stands on the site. It is designed to demonstrate how innovative materials, constructions and technologies can sustainably improve our built-up world. The research project named „B10“, abbreviated from the address Bruckmannweg 10, is the first Aktivhaus anywhere in the world. Thanks to a sophisticated energy concept and a self-learning building control system the house generates twice as much energy as it actually requires itself.

RESUM

L'objectiu d'aquest treball de final de grau consisteix en analitzar els principals conceptes de l'arquitectura bioclimàtica aplicats en les Aktivhaus. Per a això, s'analitzaran els habitatges R128 i B10, l'origen i la meta de les Aktivhaus.

Els humans passem més del 90% del nostre temps en espais tancats, és per tant vital entendre l'arquitectura tant des de la seua faceta psicològica com desde la projectual. És per això necessari realitzar una anàlisi conceptual del disseny arquitectònic present.

El concepte de les Passivhaus sorgeix en 1987. El seu principal objectiu era millorar l'equilibri tèrmic dels edificis mitjançant l'aïllament eficaç de l'envoltant i minimitzar les pèrdues de calor assegurant la hermeticitat i la instal·lació d'un sistema de recuperació de calor. Podem considerar aquesta idea com el pas previ a les Aktivhaus.

El concepte de la Aktivhaus és un terme encunyat per l'arquitecte Werner Sobek (Stuttgart, Alemanya). Es defineix com un edifici innovador i sostenible que no només genera tota l'energia necessària a partir de fonts sostenibles, sinó que també pugui reciclar al 100%. L'edifici és dissenyat per crear un vincle entre l'entorn construït i la electromobilitat i mostrar com una xarxa intel·ligent pot fer una contribució substancial a l'ajust de la generació d'energia i el seu consum.

Werner Sobek dissenya l'antecessor de les Aktivhaus l'any 1999. El projecte es diu R128, abreujat de la direcció Römerstraße 128. És

un edifici de quatre pisos completament reciclable, no produeix emissions, és autosuficient en termes de requeriment d'energia de calefacció i té un disseny modular. A causa del seu acoblament, no només es pot acoblar i desmuntar fàcilment sinó que també és completament reciclable. L'energia elèctrica requerida és produïda per cèl·lules solars.

Quan es va construir el 1927 la Weissenhof, va representar una revolució en la indústria de la construcció: els dissenys creats per diversos arquitectes de fama mundial van demostrar com podríem construir i viure en el futur. Algunes parts de Weissenhof van ser destruïdes durant la guerra i reconstruïdes després, a excepció d'una parcel·la de terreny en Bruckmannweg que no es va usar des de 1945. Ara, en el lloc es troba un edifici nou, progressiu i orientat al futur. Està dissenyat per demostrar com materials innovadors, construccions i tecnologies poden millorar de manera sostenible el nostre món construït. El projecte de recerca anomenat "B10", abreujat de la direcció Bruckmannweg 10, és la primera Aktivhaus al món. Gràcies a un concepte d'energia sofisticat i un sistema de control de l'edifici d'autoaprenentatge, la casa genera el doble d'energia de la que realment necessita.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Bases, origen de la idea y metodología

La arquitectura es una disciplina que está en continuo desarrollo, nunca descansa. Es por ello que los arquitectos deben ir actualizarse conforme avanzan los tiempos.

Desde hace unos años, la gente ha empezado a asumir la necesidad de reducir el consumo de recursos naturales, el volumen de desechos generados, el uso de combustibles fósiles y las emisiones de CO₂ generadas, pero al no verse afectado directamente, no todo el mundo colabora cuanto debería. Tras una serie de viajes realizados a África e India, donde en algunos lugares utilizaban la “basura” para construir sus propias casas y un Erasmus en Alemania, conocí a gente que me habló de la necesidad de conservar y cuidar nuestro entorno. En un último viaje a Noruega pude observar como un glaciar que hace 20 años se extendía a lo largo de una enorme montaña, ahora prácticamente había desaparecido debido al cambio climático. Por ello me vi en la necesidad de trabajar sobre este tema.

El arquitecto alemán Werner Sobek, diseñó el primer prototipo de *Aktivhaus* en Stuttgart en el año 2014. Este término se define como un edificio triple cero (cero energía, cero emisiones y cero residuos) el cual es capaz de generar el 200% de la energía requerida

a través de fuentes renovables. Su diseño permite crear un vínculo entre el edificio y su propietario ya que una inteligencia artificial analiza e interpreta los comportamientos y actúa de forma acorde para satisfacer las necesidades del ocupante.

El objetivo de este trabajo consiste en analizar la progresión del concepto de *Aktivhaus* a través de la obra del arquitecto Werner Sobek y obtener una conclusión sobre si este es un proyecto situacional o si la arquitectura debe virar hacia este nuevo tipo de diseños.

Para ello, el trabajo va a constar de un análisis previo de conceptos como son el bioclimatismo, la *Passivhaus* y la *Aktivhaus*. Al comprender el primer intento de *Aktivhaus* y el que podría considerarse como el cúlmén, se obtendrá el guión a seguir para comprender que dirección está siguiendo hoy en día la arquitectura y que punto podría alcanzar en las próximas décadas.

Respuesta del ayudante de Werner Sobek sobre la búsqueda bibliográfica:

Hallo Herr Castaños,

im Namen von Professor Sobek antworte ich Ihnen gern auf Ihre Anfrage. Das Thema Aktivhaus ist zunächst mit dem Experimentalbau B10 in der Stuttgarter Weißenhofsiedlung verbunden, der seit Juli 2014 in Betrieb ist. Über einen längeren Zeitraum führte unser Institut Monitoring-Messungen zu Energieverbrauch, Energieproduktion und Nutzerkomfort durch. Der breiteren Öffentlichkeit wurde B10 mit diesem Buch (<http://swb.bsz-bw.de/DB=2.201/PPNSET?PPN=426306236&PRS=HOL&HILN=888&INDEXSET=1>) vorgestellt, ich scanne Ihnen gern einzelne Abschnitte daraus. Unten finden Sie einige Links zu frei verfügbaren Zeitschriftenbeiträgen, die meisten behandeln dieses Projekt. Ein neueres Beispiel ist die Aktivhaussiedlung in Winnenden bei Stuttgart. Dazu finden Sie im Anhang einen Text von Herrn Sobek, erschienen im aktuellen Jahrbuch Ingenieurbaukunst made in Germany. Besuchen Sie auch die Internetseite <https://ah-aktivhaus.com/>.

Als grundlegendes Werk sollten Sie unbedingt dieses Buch (<http://swb.bsz-bw.de/DB=2.201/PPNSET?PPN=356754294&PRS=HOL&HILN=888&INDEXSET=1>) heranziehen. Es erschien in einer deutschen und einer englischen Fassung, Letztere ist auch in einigen spanischen Bibliotheken (<http://catalogo.rebiun.org/rebiun/record/Rebiun18187280>) vorhanden. Sie können das Buch von Valencia aus über die Fernleihe bestellen oder der Bibliothek Ihrer Hochschule zur Anschaffung vorschlagen.

Wenn Sie weitere Unterstützung benötigen, melden Sie sich bitte. Ich werde gern versuchen, Ihnen weiterzuhelfen.

*Freundliche Grüße,
Christian Assenbaum*

Hola Sr. Castaños,

en nombre del Profesor Sobek, me complace responder a su pregunta. El tema Aktivhaus está conectado a la construcción experimental B10 en la Weißenhofsiedlung de Stuttgart, que está en funcionamiento desde julio de 2014. Durante un largo período, nuestro instituto llevó a cabo la monitorización de mediciones sobre el consumo de energía, la producción de energía y la comodidad del usuario. El público en general se introdujo a la B10 con este libro (<http://swb.bsz-bw.de/DB=2.201/PPNSET?PPN=426306236&PRS=HOL&HILN=888&INDEXSET=1>), voy a escanear alguna de las partes. A continuación se encuentran algunos enlaces a artículos de revistas de libre acceso, la mayoría de las cuales tratan sobre este proyecto.

Un ejemplo de las Aktivhaussiedlung se encuentra en Winnenden, cerca de Stuttgart. En el apéndice encontrará un texto del Sr. Sobek, publicado en el anuario Ingenieurbaukunst hecho en Alemania. También puede visitar la web <https://ah-aktivhaus.com/>.

Como trabajo base, debería consultar este libro (<http://swb.bsz-bw.de/DB=2.201/PPNSET?PPN=356754294&PRS=HOL&HILN=888&INDEXSET=1>). Existe una versión en alemán e inglés, esta última también está disponible en algunas bibliotecas españolas (<http://catalogo.rebiun.org/rebiun/record/Rebiun18187280>). Puede solicitar el libro a Valencia con un préstamo interbibliotecario o recomendarlo a la biblioteca de su universidad para comprarlo.

Si necesita más ayuda, contáctenos. Estaré encantado de ayudarle.

Un cordial saludo,
Christian Assenbaum

Definición de Arquitectura Bioclimática

Según Sanchez-Montañés Macias, la arquitectura bioclimática es definida como el diseño de un edificio teniendo en cuenta las condiciones climáticas a las que está expuesto y aprovechándolas para disminuir el impacto en el medio ambiente y la reducción de recursos necesarios para su uso.

Los elementos más destacable a la hora del diseño son:

- Trayectoria solar

Tabla 2.1. Optimización de huecos en fachada

ORIENTACIÓN DE FACHADA	% ÓPTIMO DE HUECOS
NORTE	10-15%
ESTE	< 20%
SUR	40-60%
OESTE	<20%

- Radiación directa, difusa y reflejada
- Formas de transmisión de calor (conducción, convección y radiación)
- Capacidad calorífica e inercia térmica
- Confort térmico
- Efecto invernadero
- Fenómenos convectivos naturales
- Calor de vaporización
- Efecto climático del suelo
- Pérdida de calor en viviendas
- Microclima y ubicación
- Ubicación
- Forma y orientación
- Captación solar pasiva (sistemas direc-

tos, semidirectos e indirectos)



Figura 1.1. Esquema de ventilación y captación solar

- Aislamiento y masa térmica
- Ventilación (natural o convectiva)
- Aprovechamiento climático del suelo
- Espacios tapón
- Protección contra la radiación de verano
- Sistemas evaporativos de refrigeración

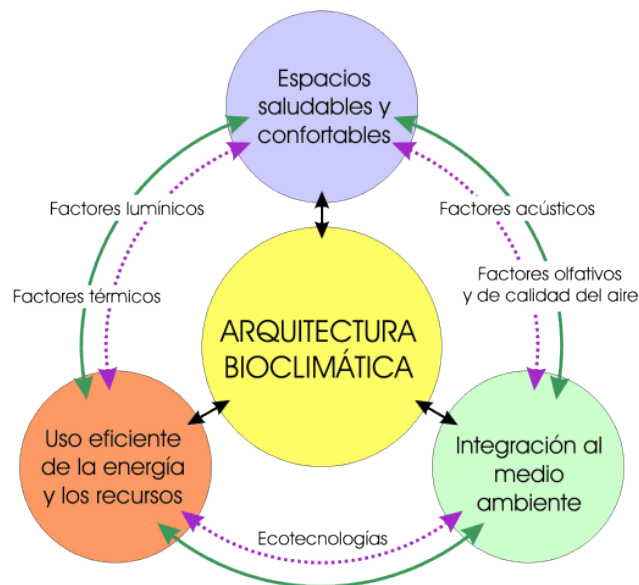


Figura 1.2. Esquema general bioclimático

Origen de la Aktivhaus: la Passivhaus

El concepto de *Passivhaus* surge en 1987 como parte de un proyecto de investigación por un grupo de científicos. A principios de los años 90, el Dr. Wolfgang Feist, fundador del Instituto *Passivhaus* estableció este sistema como un concepto y estándar para la construcción. Según Faffok (2016-43), su objetivo principal era mejorar balance energético de los edificios a través de la mejora del aislamiento en la envolvente de los edificios y minimizar las pérdidas de calor por ventilación asegurando la estanqueidad e instalando un sistema de recuperación de calor. El resultado es la reducción del consumo energético. La *Passivhaus* es, por tanto, un edificio que en principio no requiere sistemas tradicionales de calefacción y que puede calentarse exclusivamente por el suministro de aire.

Para prescindir completamente de un sistema tradicional de calefacción en vivienda, una *Passivhaus* debe retener el calor. Esto se logra adoptando una forma muy compacta y evitando los puentes térmicos durante la construcción. Además, las paredes externas, ventanas, techo y suelo deben tener un buen nivel de aislamiento. El calor generado por personas, equipamiento e iluminación calienta el espacio dentro de la *Passivhaus* y esta retiene el calor dentro de la construcción debido a la calidad de la envolvente. Correctamente diseñado y construido, la *Passivhaus* es un sistema constructivo excelente pero se

requieren unas medidas muy estrictas para garantizar la hermeticidad de la envolvente. En los últimos años, el diseño se ha ido adaptando a otras zonas climáticas y usos: oficinas, hospitales y escuelas y desde 2012, balnearios y complejos edificatorios similares. La diferencia principal con los edificios no residenciales radica en la demanda energética requerida. En muchos casos, la demanda requerida es superior para su uso con equipamientos o iluminación que para calefacción.

El balance energético debe basarse en un modelo de cálculo integral para convertirlo en un edificio excelente. Por esta razón, el comportamiento real de los primeros diseños se investigaron utilizando simulaciones capaces de trabajar en intervalos de tiempo muy cortos. Los diseños podían optimizarse aún más para lograr altos niveles de comodidad y eficiencia, garantizando buenas condiciones de funcionamiento.

Tabla 1.2. Parámetros de la *Passivhaus*

Demanda de calefacción anual	< 15 kWh/m ² a
Pérdidas de calor	< 10 W/m ²
Demanda de aire acondicionado anual	< 15 kWh/m ² a
Demanda de energía primaria anual	< 120 kWh/m ² a
Frecuencia de sobret temperatura	< 10%
Ventilación mecánica	> 75%
Demanda eléctrica	< 0.45 Wh/m ³

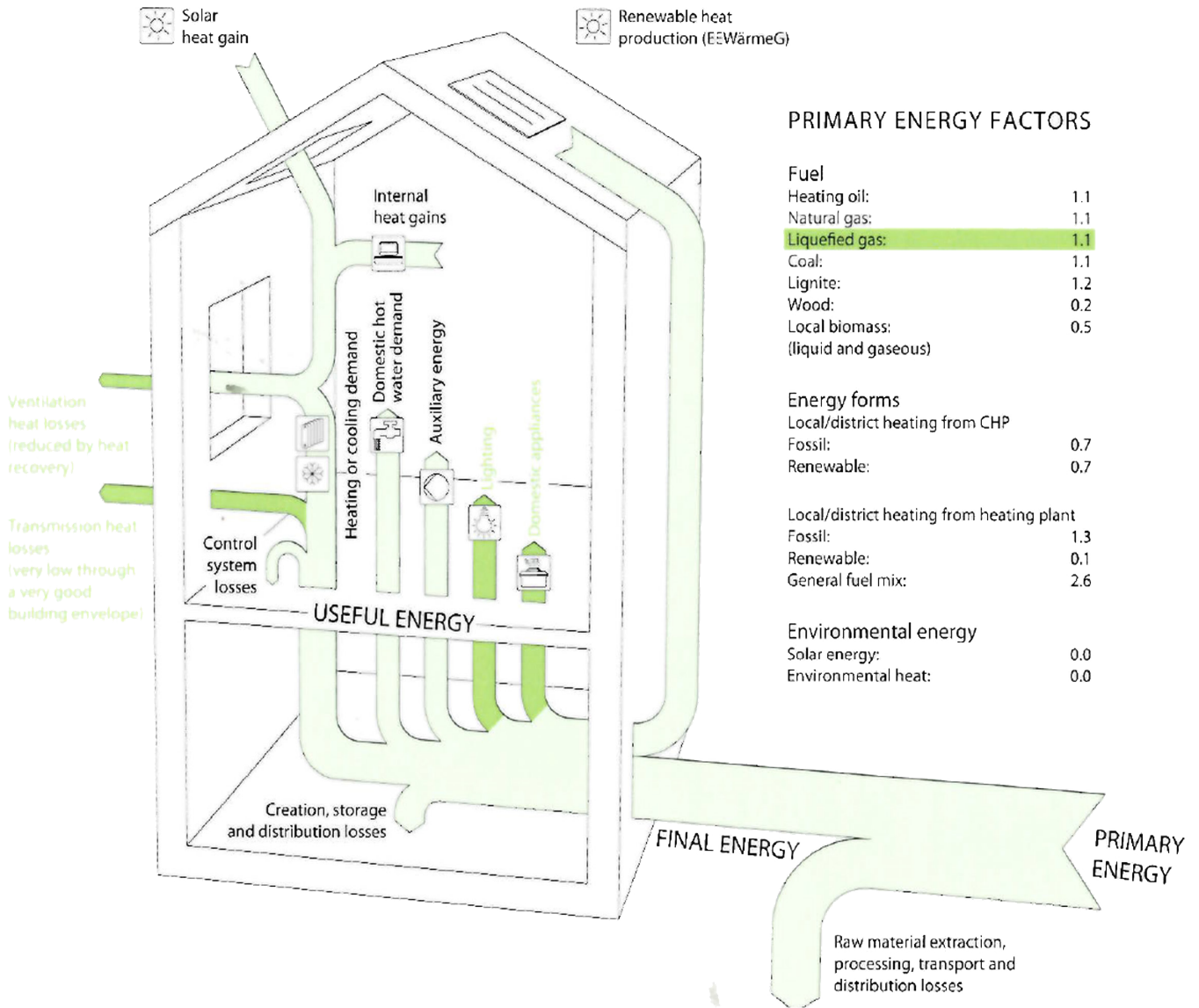


Figura 1.3. Esquema Passivhaus

La arquitectura de Werner Sobek

Werner Sobek nació en 1953 en Aalen, Alemania. Estudió ingeniería de las estructuras y arquitectura entre los años 1974 y 1980 en la Universidad de Stuttgart. Participó en un proyecto de investigación sobre estructuras ligeras y finalizó el doctorado en 1987.

En 1991 se convirtió en profesor de la Universidad de Hannover y en 1992 fundó su propia compañía, la cual cuenta con oficinas en Stuttgart, Frankfurt, Londres, Moscú, Nueva York y Dubai. Esta se compone por más de 300 empleados y trabajan con todo tipo de estructuras y materiales. Está especializado en construcciones ligeras, construcción de gran altura, diseño de fachadas, construcciones especiales hechas de acero, vidrio, titanio, tela o madera así como el diseño de edificios sostenibles.

Actualmente es director del Instituto de Estructuras Ligeras y Diseño Conceptual (ILEK) de la Universidad de Stuttgart. Es considerado como el sucesor de Frei Otto (Siegmar, Alemania).

Se le conoce por sus prototipos de viviendas medioambientalmente sostenibles y auto-suficientes y en 2011, fundó el Instituto de Sostenibilidad de Stuttgart, una asociación sin ánimo de lucro que promueve la investigación de nuevas técnicas de construcción sostenibles.



Figura 1.4. R128 (2000)



Figura 1.5. F87 (2011)



Figura 1.6. B10 (2014)

“Wie weiter bauen?”

Wir sind auf der Suche nach einer Architektur, die den Ansprüchen und Herausforderungen unserer Zeit gerecht wird. Nach einer Architektur, die ein Zeugnis der Verantwortung gegenüber unseren Kindern ist. Seit der Jahrtausendwende planen und entwickeln wir deshalb pro Jahr ein Haus, das als Entwicklungsträger dient - aber natürlich auch bewohnbar, benutzbar ist. Anhand dieser Gebäude untersuchen wir im Kleinen, was später eine Anwendung im Großen finden soll. Wir können so die Sinnhaftigkeit unserer Entwicklungen studieren und unsere Ansätze Schritt für Schritt verbessern - oder verwerfen.

Ressourcenverbrauchsreduktion, Rezyklierbarkeit und Emissionsfreiheit waren von Anfang an Grundlage unserer Planungen - zusammengefasst unter dem Begriff Triple Zero (zero energy, zero emissions, zero waste). Hinzu kam in den vergangenen Jahren ein immer strikterer Umgang mit der energetischen Effizienz. Ging es zunächst v. a. um die Minimierung des Energieverbrauchs und die Maximierung der hauseigenen Energieerzeugung, rückte in den letzten Jahren die Forderung nach kürzeren Bilanzierungszeiträumen für die energetische Unabhängigkeit stärker in den Vordergrund. BIO produziert deshalb nicht nur 200 % seines Stromaufwands aus solarer Energie - man kann das Haus im Bedarfsfall selbst im Winter für mehr als 24 h vom Netz nehmen, ohne den Gebäudebetrieb einzuschränken.

Neben den materiellen und konstruktiven Neuerungen ging es uns bei BIO aber auch und v.a. um neue architektonische Konzepte. Integration von Gebäude und Mobilität, wandelbare Fassaden, Erweiterung des Bilanzierungshorizontes auf das Quartier - dies sind nur einige wenige der Dinge, die für unsere Planung eine zentrale Rolle gespielt haben. Mit BIO haben wir Gestaltungsansätze, Konstruktionsmethoden und Technologien festgeschrieben, auf deren Basis nun weitere Gebäude entstehen können - mehrgeschossig, in unterschiedlichen Klimazonen und in verschiedenen Ausstattungsniveaus, aber immer mit dem Anspruch, Wege für ein Leben im Morgen aufzuzeigen”.¹

“¿Cuál es el futuro de la construcción?”

Buscamos una forma de arquitectura que pueda satisfacer las necesidades y los desafíos de nuestro tiempo. Una forma de arquitectura que es testigo de nuestra responsabilidad hacia nuestros hijos. Desde el cambio de milenio, hemos diseñado y construido una casa al año para servir como vehículo para un mayor desarrollo. Naturalmente, estas casas también se pueden usar. Estos edificios nos permiten examinar soluciones a pequeña escala que se implementarán a una escala mucho mayor en el futuro. Esto nos permite estudiar la utilidad de nuestros desarrollos y mejorar nuestros enfoques paso a paso, o descartarlos por completo.

La reducción de recursos, el reciclado y las cero emisiones han formado la base de nuestra planificación desde el principio, una forma de pensar nombrada por el término “Triple Cero” (cero energía, cero emisiones y cero desperdicio). En los últimos años, también hemos adoptado un enfoque cada vez más riguroso con la eficiencia energética. Mientras que nuestra principal preocupación era inicialmente minimizar el consumo de energía y maximizar la energía generada por la casa, en los últimos años la demanda de períodos contables más cortos para lograr la independencia energética ha obtenido cada vez más importancia. Como consecuencia, B10 no solo produce el 200% de sus propias necesidades energéticas a partir de energía solar, sino que incluso

es posible cortar la casa de la red durante más de 24 horas.

Al crear la B10, no nos enfocamos solo en las innovaciones en materiales y diseño, nuestro principal interés radica en los nuevos conceptos arquitectónicos. Integrar los requisitos de construcción y movilidad, agregar fachadas cambiantes y extender el horizonte contable al vecindario: estas son solo algunas de las cosas que desempeñaron un papel central en nuestro diseño. B10 nos ha permitido establecer enfoques arquitectónicos, métodos de construcción y tecnologías que pueden formar la base para la creación de otros edificios, en varias plantas, en diversas zonas climáticas y con diferentes niveles de mobiliario y accesorios, los cuales buscan pensar formas de vivir en el futuro.”

LA ARQUITECTURA DESDE SU FACETA PSICOLÓGICA Y PROYECTUAL

Vertiente psicológica

Según Garrido (2013-10) uno de los objetivos del arquitecto es lograr que el usuario se sienta cómodo, feliz y para ello se debe analizar qué es lo que una persona busca de un edificio.

Parámetros

Existen un gran número de parámetros, los cuales puede afectar de una manera u otra a las personas.

1. Equilibrio térmico

El ser humano tiene una importante capacidad de autorregulación térmica, y por ello puede sobrevivir tanto en entornos muy fríos como muy cálidos. A pesar de ello, el ser humano solo siente confort en un determinado rango de humedad y temperatura. De este modo, la mayoría de los humanos sienten frío con una temperatura inferior a 20°C y calor con temperaturas superiores a 28°C. Además no se siente confort con una humedad inferior al 30% o superior al 85%.

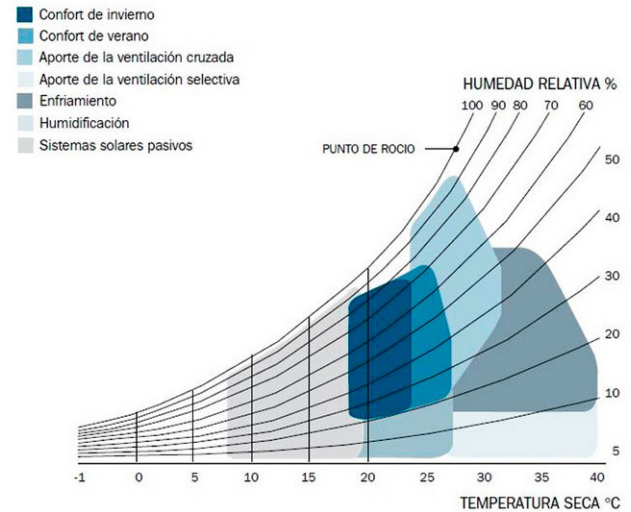


Figura 2.1. Diagrama hidrotérmico

2. Variación térmica estacional

La arquitectura bioclimática genera espacios frescos en los períodos cálidos, sin dañar a la salud y espacios cálidos en entornos fríos, de un modo natural, y al menor coste posible. De forma complementaria, una arquitectura bioclimática permite sentir con sutileza las variaciones climáticas naturales, a la vez que vivir la armonía con la naturaleza.

3. Iluminación natural

En presencia de luz, el cuerpo humano genera serotonina en el cerebro (estimulante natural que favorece el bienestar y aporta vitalidad y ánimo), y en ausencia de luz, se genera melatonina (la hormona del sueño, con propiedades regenerativas).

4. Sencillez tecnológica y mínimo mantenimiento

En las viviendas no existe un equipo de mantenimiento, por lo que la enorme cantidad de averías y mal funcionamiento de los artefactos que se pretende incorporar, deterioran de forma importante el bienestar de sus ocupantes. En este sentido la tecnología se convierte en un nuevo temor de los humanos. Es por ello que los edificios deben incorporar la menor cantidad posible de artefactos, y éstos deben estar diseñados a prueba de fallos.

5. Materiales naturales

Para Garrido (2013-18) la utilización de materiales naturales fomenta el bienestar y la salud a parte de suponer grandes ventajas medioambientales: ausencia de elementos patógenos, transpirabilidad, optimización de materiales, biodegradabilidad, disminución del consumo energético, regeneración, disminución de residuos, etc.

6. Diseño arquitectónico sencillo y no monótono

Un edificio debe tener un diseño tal que pueda ser asimilado fácilmente por la mente humana, de tal modo que la percepción de una parte permita predecir el resto. Es por ello que un edificio demasiado sencillo aburre, pero un edificio demasiado complejo causa rechazo y hastío. Deben parecer sencillos, pero en realidad deben esconder una estructura compleja, que invite a su exploración de modo que nunca aburran. Del mismo modo los edificios deben percibirse de forma diferentes según el punto de vista del usuario.

7. Colores adecuados

Los colores pueden afectar a nuestras emociones y a nuestro comportamiento más de lo que creemos, y además pueden afectar incluso a nuestro bienestar y a nuestra salud.

Tabla 2.1. Influencia de los colores

Azul	Relajante del estado anímico, ayuda a conciliar el sueño y calma dolores. Actúa también como supresor del apetito. Color capaz de generar ambientes frescos.
Naranja	Estimula el sistema respiratorio. Mejora el estado de ánimo y acentúa el optimismo. Recomendable para entornos fríos.
Rojo	Muy estimulante, excitante y vigorizante, invita a la acción y despierta las pasiones y el apetito. Recomendable para entornos fríos.
Verde	Neutro, tibio, tranquilizador, refrescante, y tiende a apaciguar y a reducir la tensión. Tiene un enorme efecto calmante y relajante.
Violeta	Efecto calmante ante situaciones de irritación y angustia.
Amarillo	Es el color que más cantidad de luz refleja. Es ligeramente irritante. Es capaz de estimular la capacidad intelectual.
Rosa	Estimula la actividad psíquica, favorece la capacidad de recepción y despeja la mente de pensamientos negativos. Inhibe los impulsos violentos, así como la ira y la ansiedad.
Negro	Poder depresivo, incita a la tristeza y al pesimismo. Puede favorecer estados de fatiga y pérdida de vitalidad.
Blanco	Aporta vitalidad y fuerza. Alegra el ánimo y remedia estados depresivos.

8. Sensación de seguridad e intimidad

La felicidad consiste básicamente en la ausencia de miedo. Por ello el ser humano desea sentirse lo más seguro y protegido posible, buscando un equilibrio perfecto entre sus supervivencia y su deseo de ser feliz.

9. Belleza

Es una cuestión de proporciones armónicas, de orden, de simetría... de un conjunto de relaciones matemáticas que regulan la forma de un determinado organismo, y que podrían utilizarse en la composición de cualquier objeto. Y ello no solo puede asegurar su belleza, sino también la felicidad de quien lo pueda contemplar.

10. Ausencia de elementos patógenos

Son muchos los productos utilizados en el sector de la construcción que son perjudiciales para la salud humana. El daño se puede producir de forma directa debido a la manipulación y uso, o de forma indirecta debido a las emisiones o desechos producidos al fabricar, usar, o eliminar un determinado material.

11. Transpirabilidad

Garrido (2013-25) es de la opinión que, cuanto mayor sea la ventilación natural, más saludable será un determinado edificio. Sin embargo, cuanto mayor sea la ventilación natural, mayor será el consumo energético asociado a la calefacción y a la climatización de un determinado edificio. La única forma de garantizar una correcta ventilación y la mayor eficiencia energética posible es por medio de intercambiadores de calor. Estos permiten que el aire que entre al edificio, se regule con el mismo aire que sale de él.

12. Estimular las relaciones personales y sociales

El diseño de las ciudades, barrios, edificios y viviendas tendrá un papel fundamental en el futuro. Los edificios deben favorecer y estimular las relaciones humanas y para ello deben incorporar nuevos espacios para tal fin. Del mismo modo, las ciudades deben reciclarse convenientemente, de tal modo que se generen nuevos tipos de espacios, más allá de lo público y de lo privado.

Tabla 2.2. Elementos patógenos

Gases	Halón, ozono, radón.
Gases de combustión	Monóxido de carbono, óxido nítrico, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, dióxido de carbono, humo del tabaco.
Compuestos orgánicos volátiles	Formaldehidos, fenoles, compuestos organoclorados y productos derivados del petróleo.
Partículas en suspensión	Asbesto, bióxido de titanio, fibra de vidrio, fibras minerales, metales.
Microorganismos	Ácaros, bacterias, moho, polen.
Ondas sonoras	Ruido aéreo, ruido de impacto, ruido por contacto.
Radiación electromagnética	Iluminación fluorescente, radiación ultravioleta, microondas y campos electromagnéticos.

13. Autosuficiencia

En la sociedad actual, el poder económico establece sistemas de control de la información para el ciudadano. Como consecuencia de la nueva ignorancia de la sociedad y su enorme conformismo y docilidad, se han establecido diferentes polos de poder, en claro paralelismo con los señores feudales, por lo que puede decirse que en realidad estamos inmersos en una Nueva Edad Media.

“[...] En el pasado, después de la Edad Media, se crearon las ciudades renacentistas, y las personas se convirtieron en ciudadanos libres. Siguió un floreciente Renacimiento, social y cultural. Del mismo modo, esta sociedad debe diluirse y crearse nuevos entornos en los que las personas evolucionen y se conviertan en nuevos ciudadanos globales libres [...]”².

Vertiente proyectual

Según Garrido (2014-20) no existe una receta a través de la cual un arquitecto pueda regirse para pensar un proyecto capaz de contentar a todos los usuarios, pero sí que es cierto que tras analizar lo que se conoce como un “buen edificio”, éste ha sido diseñado siguiendo un proceso específico.

Procesos de diseño

1. Obtención de datos generales

En primer lugar se debe recabar la máxima cantidad de información posible relativa a cinco aspectos fundamentales: preferencias funcionales y formales del cliente, entorno cultural y social, determinaciones legales, determinaciones técnicas y entorno ecológico.

2. Obtención de datos climatológicos

A continuación se debe recabar la máxima cantidad de información climatológica posible de un determinado lugar. Esta información debe incluir la variación térmica diaria, la variación de la humedad ambiental diaria, los vientos dominantes, la intensidad de la radiación solar, las horas de iluminación natural diaria, etc., así como cualquier dato representativo del microclima local.

3. Obtención de la inclinación de la radiación solar

Es especialmente importante conocer la máxi-

ma y la mínima inclinación solar, con el fin de asegurar que en invierno entra la máxima cantidad posible de radiación solar al interior del edificio a diseñar, y en verano asegura que entre tan solo la radiación mínima indispensable para iluminar sus estancias de forma natural.

4. Confección de diagramas de confort

Se confeccionan a partir de diagramas higro-térmicos en los que se ha establecido la zona de confort humano. Sobre estos diagramas se grafía la variación de temperatura y humedad a lo largo de los días más representativos de cada estación térmica del año. Esta información sugiere claramente las necesidades de ventilación, inercia térmica, aireación, calefacción y deshumectación.

5. Obtención de los parámetros generales del edificio

Estos parámetros deben ser suficientemente concretos como para dirigir el proceso formal de diseño a partir de una determinada tipología inicial aproximada.

6. Identificación de la tipología arquitectónica más adecuada

El arquitecto debe proponer una determinada tipología arquitectónica tentativa y borrosa, lo más acertada posible, con el fin de poder encajar de forma coherente los diferentes espacios, y elementos constitutivos del

edificio a diseñar.

7. Refinamiento progresivo de la tipología arquitectónica

A partir de este punto comienza el proceso habitual de la actividad del arquitecto, pero evaluando en cada paso la eficacia medioambiental de las diferentes etapas.

- Diseñar un edificio con posibilidad de conexión a la red de suministro de energía.

El objetivo es disminuir al máximo el consumo de energía, y el equipamiento tecnológico.

- Diseñar un edificio sin posibilidad de conexión a la red de suministro de energía.

Los edificios deben incorporar necesariamente cierto equipamiento tecnológico, con el fin de suministrar la energía eléctrica que necesitan (iluminación, electrodomésticos).

8. Cálculo de las protecciones solares

Hay que prestar atención al dimensionamiento de las protecciones solares, con el fin de controlar al máximo la radiación solar cada día del año.

9. Diseño de las soluciones constructivas más adecuadas

Diseñar todas las soluciones constructivas del edificio, prestando una minuciosa atención a su eficiencia energética.

10. Correcta elección tecnológica y correcto dimensionado de los artefactos

Desde el punto de vista de Garrido de (2014-24) los edificios deben completarse con artefactos tecnológicos, con el fin de asegurar

el bienestar humano. Minimizar la potencia de los equipos que se deben incorporar en los edificios, con el fin de disminuir al máximo su tiempo de funcionamiento, para consumir la menor cantidad posible de energía.

11. Correcta gestión

La gestión del funcionamiento de los artefactos tiene una relación directa con las decisiones que se hayan realizado en su proyecto. En este sentido deben tenerse en cuenta varios factores: robustez de la tecnología utilizada, sencillez de la tecnología, accesibilidad a los artefactos, ergonomía, ubicación, facilidad de utilización, etc.

CONCEPTO DE AKTIVHAUS

Principios

Según Faffok (2016-26), la *Aktivhaus* es el desarrollo contemporáneo de los estándares energéticos en la construcción. Se basa en los principios de minimizar las pérdidas de energía del edificio, su consumo de energía y explotar el uso pasivo de la radiación solar. Por supuesto, estos principios no son suficientes durante el año para suministrar calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación y electricidad. Estas medidas se complementan con el uso activo de energía procedente de fuentes regenerativas. Por lo tanto, la *Aktivhaus* no solo ahorra energía, sino que también está diseñada para generar energía desde la envolvente del edificio.

Eficiencia

Sigue el principio de lograr tanto como sea posible, con el menor uso de recursos. Reconoce que los recursos globales y los emplazamientos naturales para los residuos son finitos. Sugiere que el aumento de la eficiencia, permite alcanzar a la sociedad los límites económicos. La *Aktivhaus* está concebida como un edificio altamente eficiente y productivo con respecto a su superficie, la forma de construcción, el uso de materiales y que se encuentra a la vanguardia de la tecnología. Pero la estrategia de aumentar la eficiencia no es suficiente para que la sociedad pueda dominar las tareas a las que se enfrenta.

Ecoeficacia

Esto se aplica tanto al uso de materiales en la construcción como al uso de energía en la fabricación. La energía renovable es casi infinita y su uso no daña al medio ambiente, al igual que la madera que se genera a la vez que se utiliza. Sí que es cierto que las tecnologías requeridas para extraer estos recursos consumen de otros no renovables, por lo que se deben usar con moderación. En caso de la *Aktivhaus*, el edificio obtiene la energía necesaria para su funcionamiento a partir de fuentes de energía renovable y utiliza materias primas total o parcialmente renovables. La eficiencia y ecoeficacia personifican la esperanza, incluso frente al crecimiento mundial, de fabricar más usando una menor cantidad de recursos.

Suficiencia

Se opone al punto de vista social y económico actual. Busca establecer límites al consumo excesivo de recursos implantando la suficiencia y adecuación en el contexto social. No está bien considerado debido a la filosofía de “menos es más” y su enfoque basado en la renuncia. La ruta a seguir para cumplir este punto es preguntarse antes de nada, si es necesario construir para cubrir una necesidad de espacio.

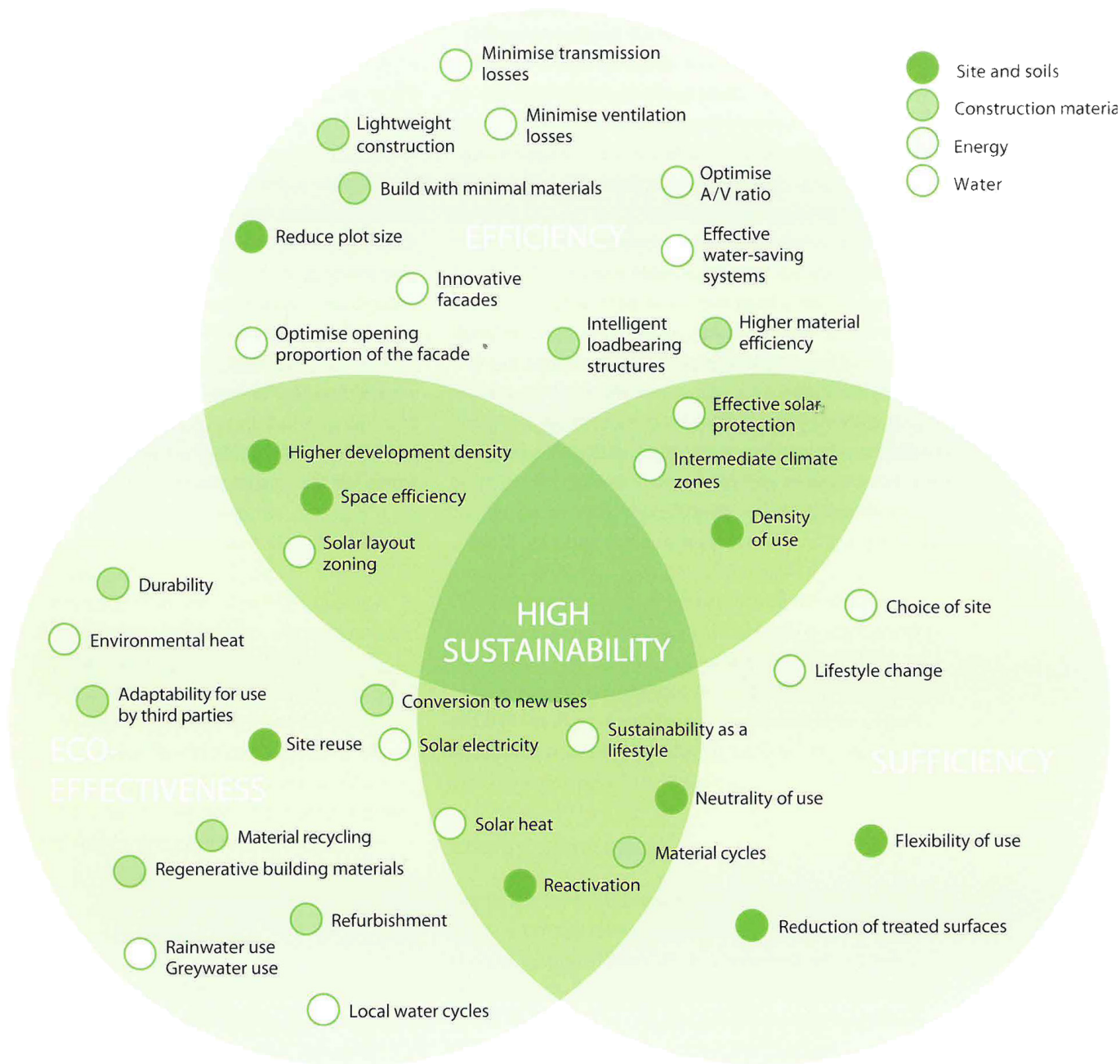


Figura 3.1. Desarrollo sostenible

Estrategias

Programa

Este enfoque reduce el tráfico y evita la necesidad de nuevas infraestructuras. Al construir en el tejido existente, se renueva la ciudad dentro de su huella existente. Esto se extiende a zonas residenciales, de trabajo y otros usos. El objetivo debe ser crear un mejor espacio que combine lugares de alta calidad con espacios atractivos, un mejor rendimiento energético y por tanto, un gran confort. La previsión en la selección de la ubicación y el diseño del programa, reducen la demanda de espacio y dan una mejor respuesta. Las soluciones razonables también contribuyen a estabilizar las ciudades y comunidades a largo plazo.

Medidas constructivas

Una forma de construcción compacta resulta ser efectiva; el uso de la radiación solar a través de ventanas convenientemente orientadas y del tamaño correcto, una envolvente aislada con una masa térmica adecuada para compensar las temperaturas fluctuantes, la absorción de calor o la reflexión. Las medidas adoptadas son pasivas, porque pueden lograrse mediante la geometría de la casa y el carácter de su envoltura.

Servicios constructivos

En las zonas de clima templado y edificios simples, la mejor solución es la combinación de calefacción, climatización y ventilación. En otros más complejos, podría ser

mediante el uso de unidades de refrigeración, almacenamiento térmico, sistema de energía de emergencia y un sistema de alimentación ininterrumpida. Se debe adoptar el diseño más adecuado para la ubicación, el uso y la disposición del edificio. El diseño debe garantizar la correcta interacción entre construcción y tecnología. Es preferible la simplicidad y robustez porque la tecnología cambia a un ritmo más rápido que otros componentes en la construcción y cada equipo requiere un mantenimiento.

La demanda de energía puede reducirse sustancialmente a través de una arquitectura inteligente combinada con un concepto constructivo y servicios de construcción ajustados a las características del edificio.

Generación energética

Fafflok (2016-29) es de la opinión que la producción de energía en su lugar de consumo tiene muchas ventajas. Esto hace que el consumidor se convierta en el propio generador y reduce la dependencia de sistemas externos más allá de su control, al tiempo que evita las pérdidas durante el transporte. Fomenta el uso de energías renovables, en particular del sol, viento, agua y fuentes geotérmicas. Las energías ambientales pueden hacer una contribución considerable a la transición a la energía obtenida a partir de fuentes renovables. Finalmente, la simbiosis generador-consumidor, crea una conciencia debido a la disponibilidad de energía y a su uso.



Figura 3.2. Alcance del programa

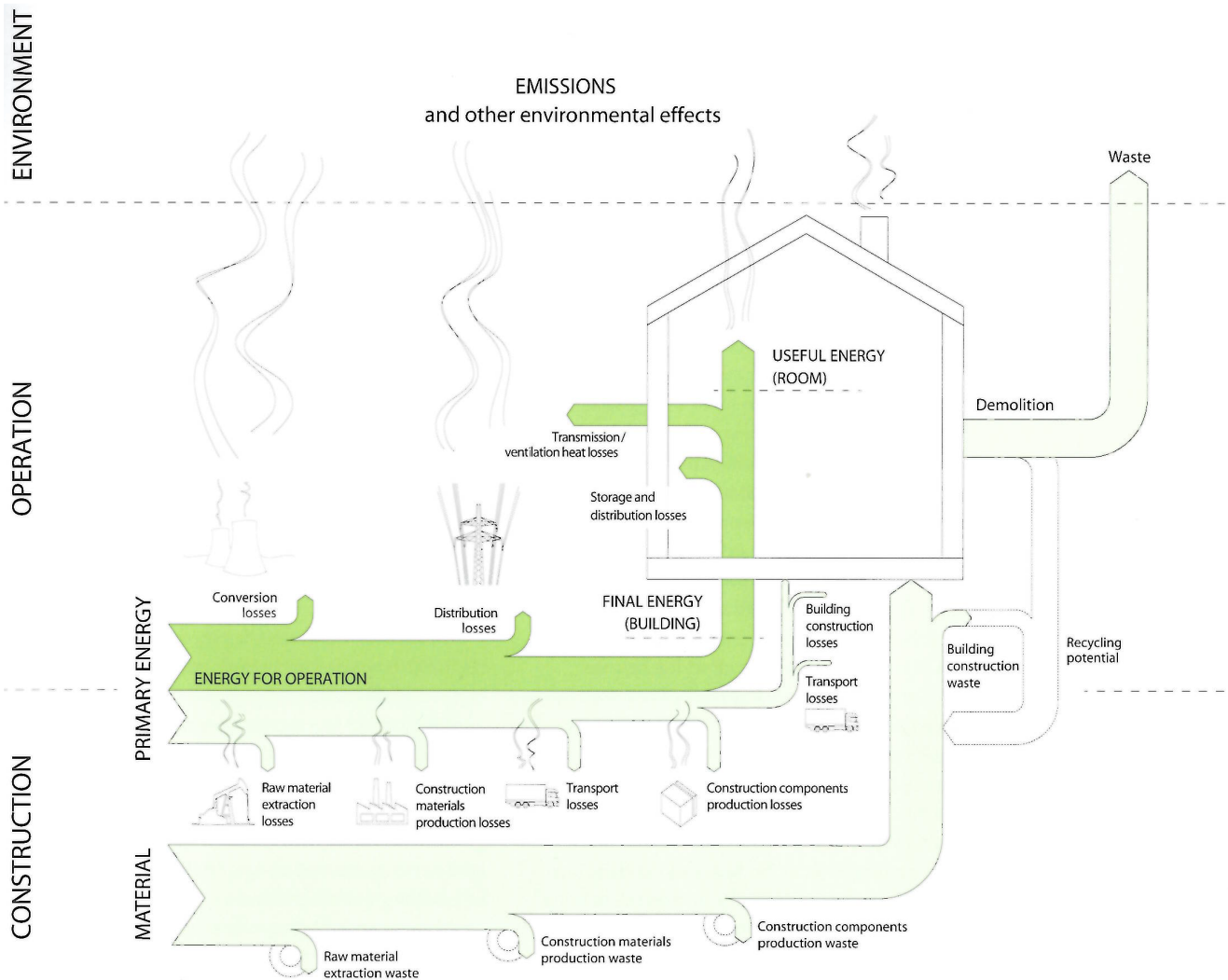


Figura 3.3. Criterio de balances

Diseño de la Aktivhaus

Condiciones internas

Confort ambiental

Según Fafflok (2016-61), los siguientes criterios son decisivos en cualquier espacio para el bienestar de los usuarios:

- Confort térmico
- Confort higiénico
- Confort visual
- Confort acústico

Es bien sabido que las personas pueden percibir el mismo clima interior de manera diferente. Mientras que algunos pueden sentir que se están congelando, otros encuentran la misma temperatura confortable. Sin embargo, las disposiciones legales específicas se aplican al confort ambiental en los edificios, y existen valores de orientación que representan un clima confortable para la mayoría de las personas.

Usuario y uso

El organismo humano crea calor corporal a partir de un proceso de combustión. El cuerpo emite calor a través de la convección, la radiación, la transpiración y la respiración, elevando la temperatura de su entorno hasta cierto punto.

Temperatura ambiente

La temperatura que la gente encuentra confortable no depende solo de la temperatura

corporal y ambiental, sino también de la temperatura de las superficies en el espacio que los rodea (paredes, techos, suelo y superficies calentadas) porque intercambian calor con el cuerpo por radiación.

La temperatura percibida por el cuerpo humano es una combinación del aire y radiación y se denomina temperatura resultante u operativa. Los valores de referencia para la temperatura operativa se deben ver junto con la temperatura exterior y la estación.

Humedad relativa

El cuerpo humano regula su temperatura por radiación y transpiración. Por esta razón, la humedad relativa del aire también influye directamente en la sensación de bienestar. El aire muy caliente puede absorber mucha humedad; el aire frío, por otro lado, no puede. Si el aire caliente se enfría, la humedad relativa aumenta.

Las personas perciben la temperatura operativa de una habitación y una mezcla de la temperatura de sus superficies y la temperatura del aire. Cuando menor es la diferencia entre las dos temperaturas, mejor es la comodidad de la habitación.

Requisitos dependiendo del uso

El tipo de uso de un edificio determina las condiciones de contorno importantes para su

diseño. Estos afectan el diseño espacial, la secuencia de la sala, que también depende directamente del uso, y el concepto de suministro de energía. Los diferentes usos del edificio dan como resultado diferentes comportamientos y perfiles del usuario, que afectan a la demanda de energía para calefacción, refrigeración, ventilación, agua caliente e iluminación.

Condiciones externas

Clima

El clima de una ubicación describe las condiciones típicas, como la radiación solar media, las precipitaciones, las temperaturas medias, las diferencias estacionales, la duración del día y los vientos predominantes.

Zonas climáticas

La distribución y el efecto sobre la atmósfera de la tierra y las masas de agua dan lugar a otras peculiaridades climáticas regionales. Fafflok (2016-66) clasifica estas zonas climáticas como:

- Zona polar
- Zona templada
- Zona subtropical
- Zona tropical

Construcciones autóctonas

Dividido a lo largo de los siglos, el edificio autóctono se ha desarrollado en muchas regiones de la tierra en tipos de construcción climáticamente optimizados. Demostrando que,

incluso con tecnología limitada, se puede crear un entorno de vida óptimo para las personas y sus necesidades.

Análisis microclimático

Para el diseño actual, es importante conocer el microclima en la ubicación, sus efectos en el edificio y estimar su potencial para proporcionar energía. Las condiciones microclimáticas pueden estar fuertemente influenciadas por la tectónica de los edificios circundantes y, por lo tanto, pueden desviarse de las características de una zona climática.

- La cantidad de radiación solar en el sitio y la situación de sombra
- La cantidad de lluvia en el lugar y la infiltración
- Dirección y fuerza principal del viento, análisis de distribución de dirección y resistencia, posible canalización por edificios circundante y características geográficas
- Espacios verdes circundantes y cuantificación de superficie y altura de terreno plantado
- Análisis del estado del suelo en relación con el terreno y las aguas subterráneas

Desarrollo de la idea conceptual

Según Faffok (2016-74), el concepto debe verse como una solución contextual basada en unas prácticas generales que se optimizarán para la ubicación específica a medida que avanza el diseño. Además de la posición del edificio en el lugar, el diseñador debe identificar el volumen, sus características esenciales y el estándar de energía deseado.

Este objetivo está influenciado por las fuentes de energía renovables disponibles para la explotación en el lugar y por las medidas de diseño pasivo de la construcción. La *Aktivhaus* exige nuevas formas de diseño, las cuales se desvían de las estrategias requeridas para el concepto de *Passivhaus*.

La envolvente del edificio asume una nueva tarea con superficies generadoras de energía. La *Aktivhaus* no solo examina el consumo, sino que también el equilibrio entre el consumo y la energía producida. Esto requiere nuevas estrategias de diseño y crea nuevas formas de construcción. La *Passivhaus* tiene grandes áreas acristaladas para hacer un uso pasivo de la radiación solar en invierno y, en consecuencia, también tiene elementos de sombreado diseñados para evitar el sobrecalentamiento en verano. La *Aktivhaus*, por otro lado, limita las áreas acristaladas para alcanzar la comodidad y utiliza superficies opacas y transparentes para crear energía.

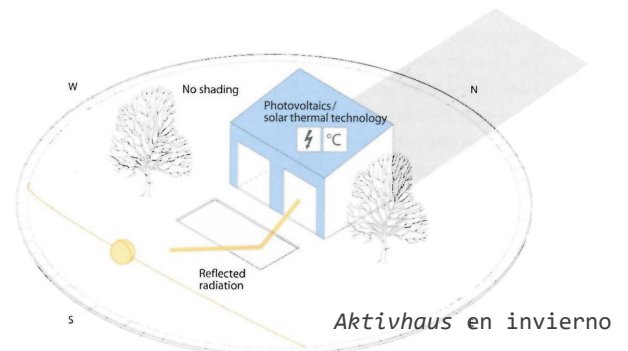
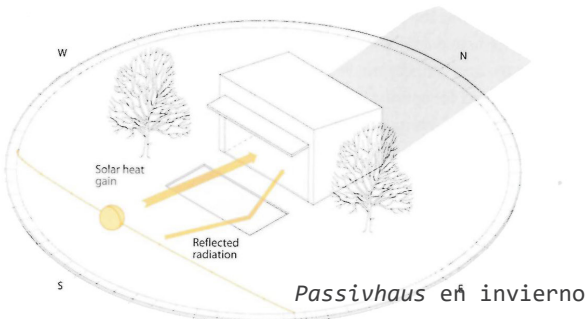
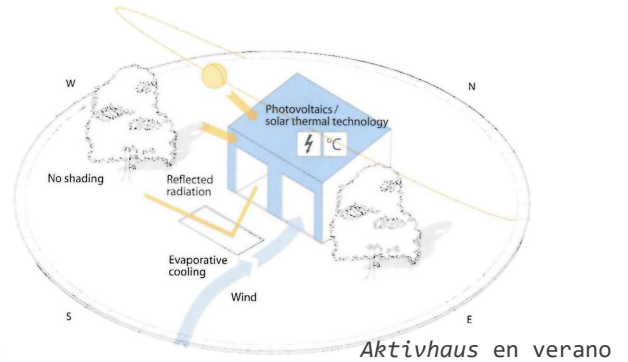
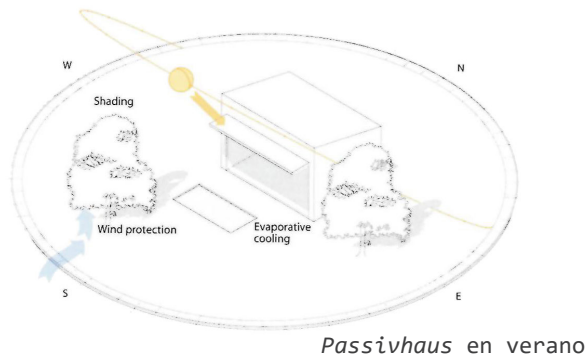


Figura 3.4. Comparativa de diseño

Estrategias de diseño

Fafflok (2016-76) es de la opinión que cada diseño de un edificio debe intentar lograr un equilibrio entre las medidas activas y pasivas. Deben explotarse todas las medidas pasivas posibles antes de completarse con tecnologías activas. Esto implica que la demanda de energía de un edificio se reduce tanto como es posible por el diseño, la construcción y la elección de los materiales. Cuando esto sea insuficiente o inapropiado, la tecnología activa debe complementar la disposición pasiva básica. Los sistemas suplementarios deben ser altamente eficientes y hacer uso de las energías renovables.

Esta interacción de componentes pasivos y activos proporciona los servicios necesarios para aportar: calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación y electricidad.

Tabla 3.1. Interacción pasivo-activo

	Pasivo	Activo
Calor	Retener el calor	Generar calor eficientemente
Frio	Evitar el sobrecalentamiento	Eliminar el calor eficientemente
Aire	Ventilación natural	Ventilación mecánica eficiente
Luz	Usa la luz del día	Optimizar la luz artificial
Electricidad	Usa la electricidad eficientemente	Generar electricidad local
	Reducir la demanda de energía a través del diseño, la construcción y los materiales seleccionados	Minimizar el suministro de energía mediante el uso de energías renovables y mejoras en la eficiencia

Tabla 3.2. Proceso estratégico



Diseño constructivo

La forma de construcción se desarrolla no solo desde la consideración del diseño urbano, la función y la forma; también depende de las condiciones climáticas locales específicas del sitio y los puntos de referencia energéticos. El diseño de un edificio energéticamente eficiente sigue los principios generalmente aplicables.

La *Aktivhaus* representa un cambio de paradigma no solo en relación con el nivel de aislamiento, sino también con respecto a la creación de energía. Con una *Aktivhaus*, el diseñador ya no se ve forzado a seguir el camino óptimo de la relación A/V más baja sino que puede elegir una relación adecuada para el proyecto. A medida que la envolvente del edificio se reduce en área, ofrece menos espacio para la generación de energía.

La orientación y la forma del edificio pueden marcar la diferencia entre un rendimiento bueno o bajo. Los puntos más destacables son la orientación e inclinación de la superficie, la distribución de la radiación en comparación con la radiación global media local y los parámetros de la tecnología seleccionada. Como el edificio no puede orientarse en la dirección óptima en todos los sitios, debido a los edificios circundantes, este cálculo es útil para optimizar el diseño. Los requisitos de uso determinan el diseño del interior, lo que conduce al desarrollo del diseño del edificio y del plan.

Diseño de la envolvente del edificio

La función principal de la envolvente del edificio es garantizar la comodidad en el interior proporcionando un aislamiento adecuado, una alta proporción de luz natural en el interior a través de una proporción adecuada del área de la ventana y ofreciendo una protección solar adecuada para eliminar el sobrecalentamiento.

Los materiales y el tipo de construcción tienen un papel central en esto. No solo son la clave para reducir la energía incorporada en un edificio, sino que también influyen en el microclima del lugar.

Suministro de energía

Fafflok (2016-81) afirma que el principal objetivo es diseñar un sistema de suministros lo más simple y sólido posible, y basarlo en la menor cantidad posible de diferentes fuentes de energía y medios de transmisión. Esto reduce la frecuencia de fallos del sistema y evita altos costes de mantenimiento.

Además de los componentes convencionales, las *Aktivhaus* también tienen sistemas para generar energía. Por lo tanto, es necesario un sistema de control y regulación eficiente.



R128

Concepto

*“Hoy en día existe un tipo de arquitectura cuyo diseño y objetivos conceptuales lo definen como un estilo arraigado en el siglo XXI: arquitectura que formula soluciones apropiadas a la era presente y futura; una arquitectura que encuentra sus formas sin recurrir a diseños y materiales tradicionales, sino basando sus diseños en procesos de planificación y organización, teniendo en cuenta los estilos de vida actuales y futuros. Este tipo de arquitectura tiene una relación diferente y positiva con el entorno natural, los usuarios y su tecnología inherente. La casa R128 es un excelente ejemplo de dicha arquitectura.”*³

Todo comenzó con el deseo de Werner Sobek de mejorar las posibilidades en la construcción de edificios modernos y de proporcionar ideas y estímulos para el renacimiento del entorno urbano. En su opinión, la construcción a principios del siglo XXI difiere muy poco de la de los siglos pasados. Los edificios no muestran ninguna de las dinámicas innovadoras que se encuentran, por ejemplo, en la industria automovilística, donde los últimos avances en materiales y tecnología se combinan para producir efectos sinérgicos únicos. Un ejemplo de esta falta de innovación es el diseño climático de muchas casas. Su objetivo principal no es reducir la demanda de energía ni maximizar la comodidad del usuario, sino

cumplir con ciertos estándares. Aunque hay edificios que no requieren un aporte energético extra, el diseño arquitectónico no es uno de sus objetivos principales. Las fachadas con revestimientos perforados y las capas de aislamiento pueden reducir las pérdidas de calor pero también la transmisión de luz al interior. De esta manera, el objetivo de ahorrar energía se logra solo a expensas de la transparencia del edificio.

Sin embargo, los problemas de la construcción actual pueden encontrarse tanto en los conceptos básicos de diseño como en la forma en que se construyen. Los elementos constructivos se producen con frecuencia en el lugar de edificación. Inevitablemente, esto da como resultado defectos y causa retrasos considerables en el proceso de construcción, no solo por la mezcla de diferentes fases constructivas, sino también por la dependencia de la producción in situ. Otro problema de los métodos convencionales de construcción consiste en la unión permanente de diferentes materiales para formar componentes que no pueden reciclarse adecuadamente. Además, las instalaciones no son flexibles, los cables y tuberías están cubiertos o embebidos en muros de hormigón. Renovar, complementar o redirigir tales cables o tuberías es difícil, si no imposible, en la mayoría de los edificios.

3. Blaser, Werner & Heinlein, Frank. *R 128 by Werner Sobek : Bauen Im 21 Jahrhundert=architecture in the 21st Century.* (2001)

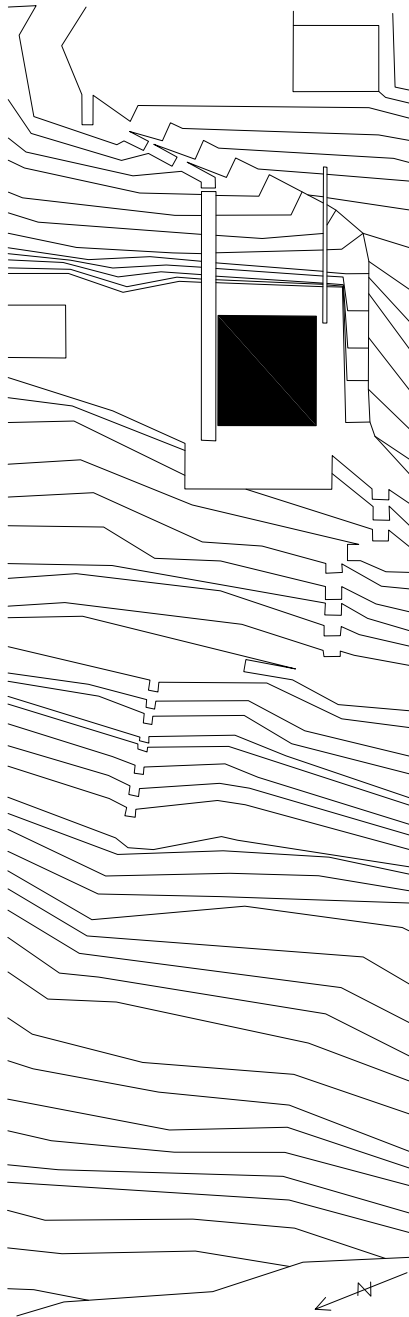


Figura 4.2. R128_Situación. Elaboración propia.

Werner Sobek aprovechó la idea de desarrollar una casa sin emisiones, que no requiriera energía y que, no solo por su total transparencia, difiriera radicalmente de cualquier casa construida hasta ahora: gracias a su diseño modular y al uso de componentes prefabricados es posible no solo la construcción rápidamente, sino también el reciclarla por completo. Además, la casa debe ofrecer la máxima comodidad, apertura, transparencia y luz para el usuario. Al mismo tiempo, la estructura y las particiones internas se reducen a un mínimo indispensable en la aplicación rigurosa de los principios de la construcción liviana. El diseño, las instalaciones y los conceptos climáticos se definieron como una unidad que se desarrolla desde el principio por un equipo de diseñadores.

Blaser (2001-16) expone que la parcela proporcionó la base para una mayor planificación y diseño. Es una trama típica de las laderas que rodean Stuttgart y ofrece una vista impresionante de toda la ciudad. El área, la superficie y la altura del edificio estaban limitadas por las normas de construcción al tratarse de una zona natural protegida.

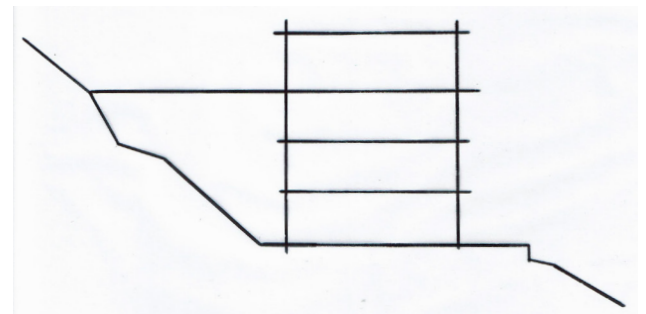


Figura 4.3. R128_Sección. Elaboración propia.

La forma del edificio fue dictada por un deseo de simplicidad. Esto dio como resultado las líneas limpias de un cubo, lo que permite tanto la utilización óptima de la superficie existente como la prefabricación y estandarización de los componentes requeridos.



Figura 4.4. R128_Esquema. Elaboración propia.

La transparencia y el brillo del interior son componentes fundamentales del diseño para Blaser (2001-16). Las grandes superficies de vidrio empleadas en el edificio permiten disfrutar de la estupenda vista de la ciudad desde cualquier parte de la casa. También proporcionan una transición fluida entre el interior de la casa y su entorno, eliminando la separación abrupta de los espacios interiores y exteriores que se encuentran en la mayoría de las casas. Las fachadas completamente acristaladas de la casa proporcionan una experiencia de espacio completamente nueva. Además, el vidrio aporta la ventaja de ser un material ligero y puede ser totalmente

reciclado.

El uso de un marco de acero articulado como estructura de carga del edificio fue la opción más acorde: esto minimiza el peso de la estructura y permite una gran precisión durante el montaje. El esqueleto de acero atornillado asegura un rápido montaje, modificación y desmantelamiento de la estructura y evita el uso de materiales compuestos.

Como la casa debía ser libre de emisiones, se desarrolló un concepto climático en las especificaciones antes mencionadas (por ejemplo, revestimientos externos de vidrio), lo que garantiza una temperatura constante dentro del edificio. En verano, el agua fría que circula a través de los paneles del techo absorbe el calor excedente mediante un intercambiador de calor; esta energía obtenida se almacena temporalmente en un almacén de calor a largo plazo y se puede utilizar para calentar en invierno. Al verano siguiente, se repite el mismo proceso, un concepto simple que combina el máximo confort y el mínimo consumo de energía.

Para obtener la mayor facilidad de uso posible, se tomó la decisión de emplear sensores y tecnología dentro de la vivienda. La tecnología debía usarse solo donde facilitaba la vida; no debía instalarse como un fin en sí mismo. Por lo tanto, los niveles de temperatura e iluminación se pueden controlar mediante pantallas táctiles. Al igual que las puertas, el sistema de iluminación se puede

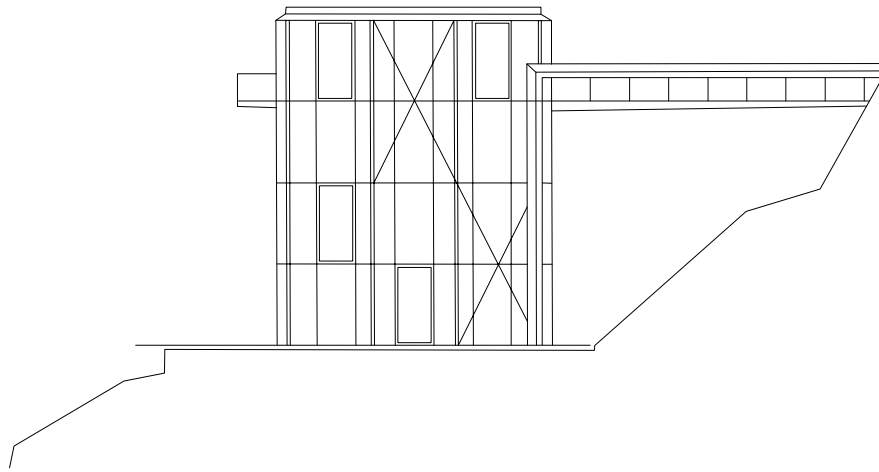
controlar por control remoto o por voz. La temperatura y el flujo del agua en el baño también se pueden controlar a través de sensores sin necesidad de contacto.

Para evitar el uso de materiales compuestos y lograr la máxima flexibilidad de las instalaciones y de servicios públicos, todas las tuberías y cables se colocaron en conductos verticales y horizontales. Este método cumple con la idea de un edificio orientado al usuario: las conexiones se pueden ubicar donde se necesitan. Las tuberías y los cables se pueden modificar o renovar según sea necesario.

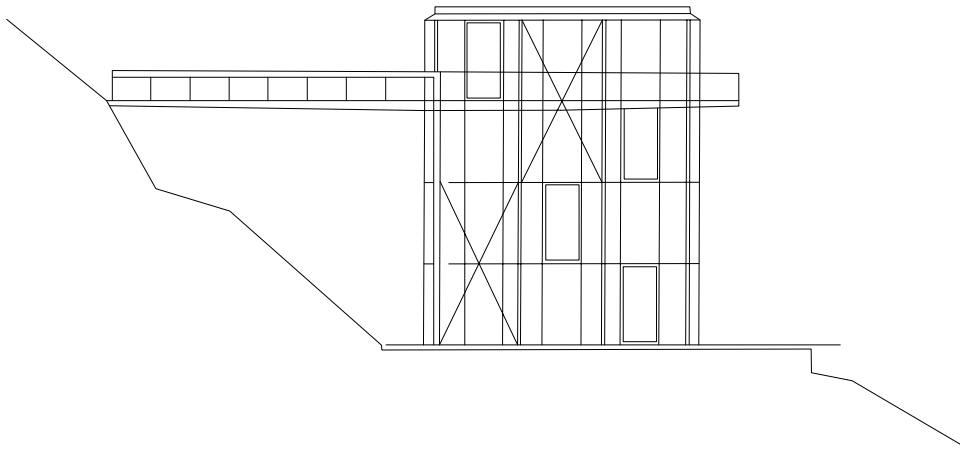
La función, la estructura y el diseño se han tratado como factores que interactúan entre sí. Ninguno de estos ha sido subordinado a los demás. Por lo tanto, el marco estructural se ha dejado abierto para lograr la máxima transparencia y minimizar el uso de materiales dictados por los principios de la construcción liviana. El esqueleto de acero en sí se ha convertido en un elemento de diseño por el elaborado cuidado dedicado a los detalles más mínimos. Cumple con el requisito de belleza funcional, al igual que el edificio completo.

En su forma actual, la R128 no se puede reproducir en otro lugar o entorno. Blaser (2001-20) narra que nunca fue la intención de los diseñadores el diseñar una “casa de exposición” en el sentido convencional. La R128 está especialmente diseñada para una parcela y unas necesidades y expectativas

de sus residentes. También demuestra las posibilidades que ofrece el uso de técnicas relativamente simple para la industria de la construcción del futuro.

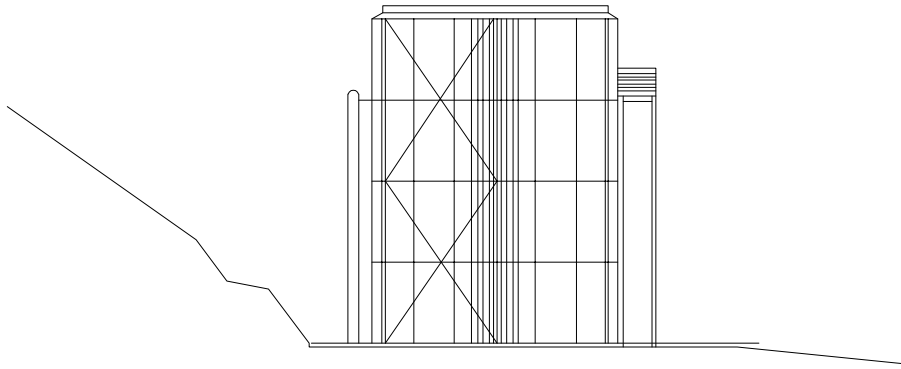


Fachada Sur

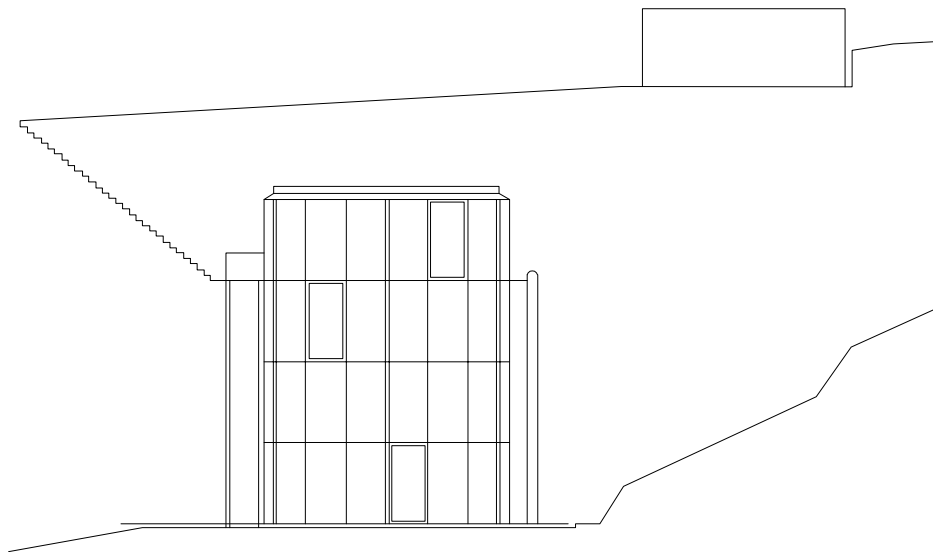


Fachada Norte

Figura 4.5. R128_AlzadosNS. Elaboración propia.



Fachada Este



Fachada Oeste

Figura 4.6. R128_AlzadosEW. Elaboración propia.

Características

El interior

Blaser (2001-36) describe que los pavimentos están hechos de paneles de madera prefabricados cubiertos de plástico, los cuales tienen un grosor de 60 mm y unas medidas de 7,75x2,8 metros. Son colocados en la parte superior del forjado sin uso de tornillos o pernos.

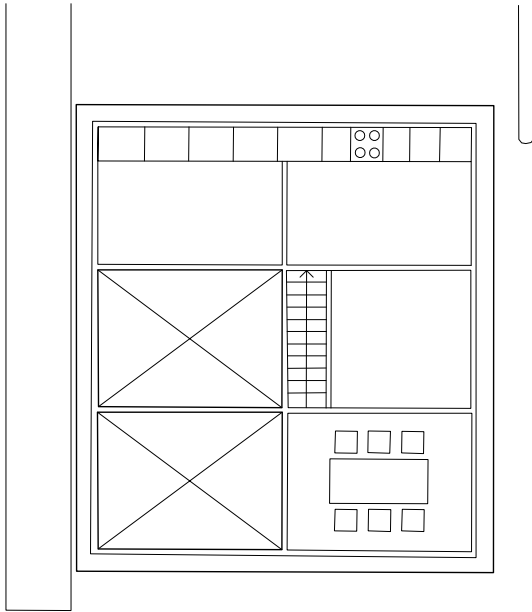
Los paneles del techo están hechos de aluminio. Incorporan luz, aislante acústico y un aislante térmico que consiste en una tubería de cobre llena de agua. Este sistema es el empleado para la calefacción y/o refrigeración del edificio.

Todas las tuberías y cables para el suministro de agua potable y electricidad, sistemas de comunicación y aguas residuales se sitúan en conductos de aluminio plegados en el interior de las fachadas; no hay cables o tuberías cubiertos por revoque o yeso. Cada función se puede conectar en cualquier punto abriendo el conducto apropiado. La instalación o extensión de tuberías o tendidos de cable es sencillo. Este sistema asegura el más alto grado de funcionalidad y reciclabilidad.

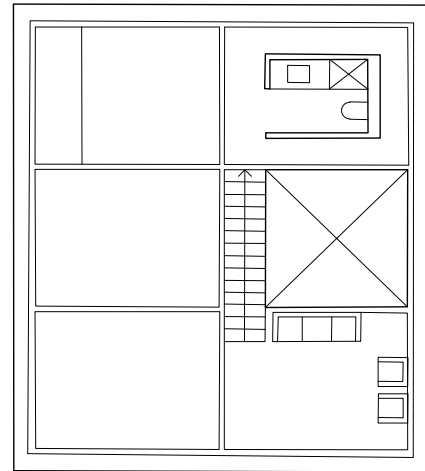
La escalera junto con algunos módulos exentos de forjado sirven para crear espacios verticales continuos. La ausencia de particiones internas, en relación con las fachadas total-

mente de vidrio, proporcionan una continuidad visual entre los espacios horizontales internos y externos. El usuario vive no tanto en una casa, sino en un espacio rodeado por una envolvente transparente y de alto rendimiento.

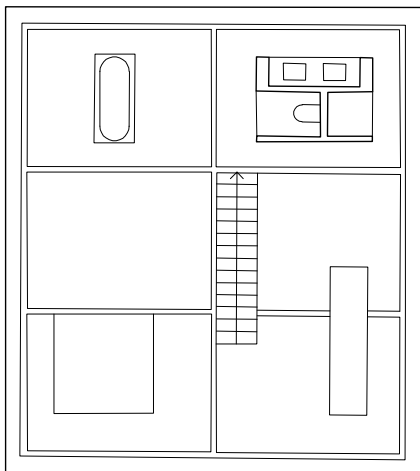
Al diseñar los muebles, la movilidad y la reducción a lo mínimo fueron los principales objetivos. Las dos unidades de estantería consisten en marcos de acero revestidos de madera, son unidades independientes y se pueden mover. La bañera también es autónoma y se puede conectar a cualquier lugar gracias al sistema de instalaciones flexibles. La mesa de comedor y el escritorio son piezas diseñadas por el mismo Werner Sobek, dueño de la casa, y consisten en paneles de vidrio con acabado satinado montados mediante fijaciones puntuales. Manifiestan de manera ejemplar la fusión de función, estructura y diseño que caracteriza a todo el edificio y hace la reducción al mínimo posible.



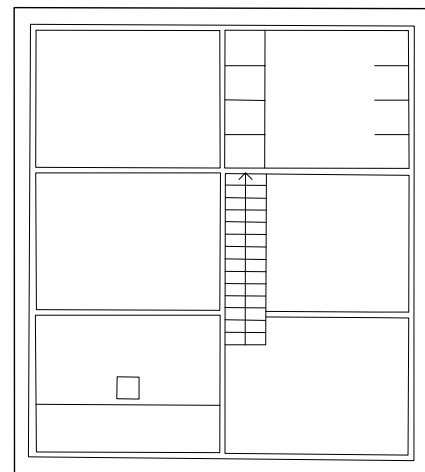
3ª planta



2ª planta



1ª planta



Planta baja

Figura 4.7. R128_Plantas. Elaboración propia.

Wohnen im Haus R128

*“Auf einer Reise in den Nordjemen lernten mein Mann und ich die typischen jemenitischen Turmhäuser kennen, die wie Adlernester auf Bergspitzen gebaut sind. Im obersten Stockwerk dieser Turmhäuser befindet sich der Mafradsch, der Raum, in dem die wichtigen Dinge des Lebens besprochen werden. In Manakah, einem abgelegenen Bergdorf, hatten wir die Möglichkeit, in einem solchen Mafradsch zu übernachten. Das Gefühl von absoluter Freiheit und Naturverbundenheit war überwältigend. Der Wunsch, wie in einem Mafradsch zu leben, war nach diesem Erlebnis immer latent vorhanden [...]”.*⁴

Ursula Sobek

Viviendo en la casa R128

“En un viaje al norte de Yemen, mi marido y yo conocimos las típicas casas en las torres yemení, que coronan las cimas de las montañas como nidos de águila. En el último piso de estas casas se encuentra el *Mafraj*, la habitación donde se discuten las cosas importantes de la vida. En Manakah, un remoto pueblo en las montañas, tuvimos la oportunidad de dormir en una de ellas. La sensación de absoluta libertad y cercanía a la naturaleza fue abrumadora. El deseo de vivir como en un *Mafraj* siempre estuvo latente después de esta experiencia [...]”.

Ursula Sobek



Figura 4.8. R128_Interior

La estructura

La estructura de la casa consiste en un esqueleto de acero atornillado con cuatro alturas, cada una de 2,8 m de altura. La altura total del edificio es de 11,2 m. Un total de 12 soportes se distribuyen en planta cada 3,85x2,90 metros y se encuentran conectados en dos direcciones. Tanto el armazón como los forjados están reforzados mediante tirantes diagonales. Las columnas y las vigas se atornillan in situ. No son necesarios los extras de tolerancia al tratarse de componentes prefabricados. El edificio completo (excluyendo cimientos pero incluyendo fachada) pesa 39.800 kg.

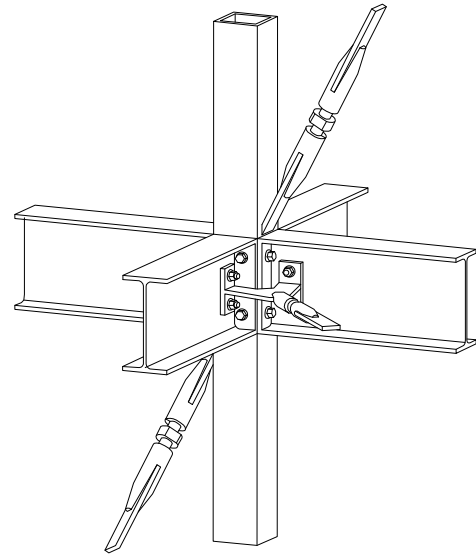


Figura 4.9. R128_DetalleEstructura. Elaboración propia.

La fachada

Está compuesta por paneles de vidrio que se extienden sobre la altura de cada planta. Los paneles de vidrio miden 2,80 m de alto por 1,42 m de ancho. El peso muerto de cada elemento está soportado por varillas extensibles verticales. Cada uno de los elementos de la fachada es una unidad sellada de triple acristalamiento: una lámina de plástico recubierta de metal se coloca en la cámara de aire entre los paneles de vidrio central y exterior. Refleja gran parte de la radiación infrarroja debido a la capa reflectante y a la cámara entre el vidrio y el gas inerte. La cubierta dispone de 48 paneles solares. Estos se encuentran planos y en posición horizontal según Blaser (2001-74).

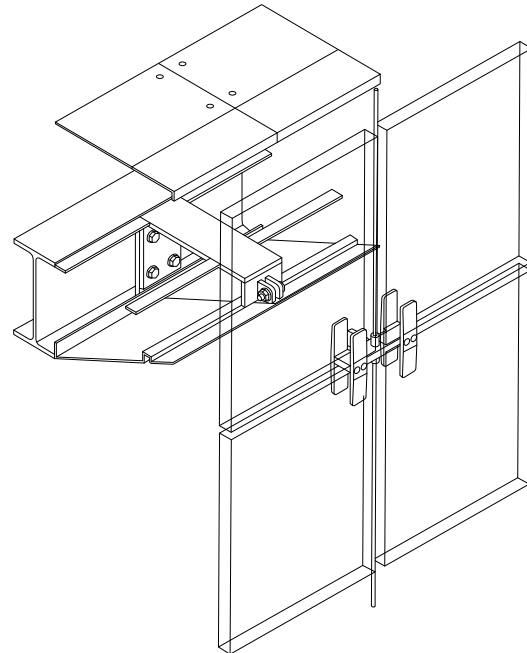


Figura 4.10. R128_DetalleFachada. Elaboración propia.

La gestión de la energía y el clima

El concepto de la gestión energética en la R128 se basa en los paneles en fachada de triple acristalamiento de alta calidad cargados con gas inerte y equipados con barreras de convección, cuya capacidad de aislamiento corresponde a la de una capa de lana mineral de 100 mm de espesor. Esto significa que en días fríos de invierno, la superficie interior del panel de vidrio puede sentirse caliente al tacto mientras se forman cristales de hielo en la superficie exterior. Por el contrario, en los días calurosos de verano, las extraordinarias propiedades aislantes de las unidades de acristalamiento evitan el sobrecalentamiento del interior de la fachada.

Otro elemento destacable es el sistema de ventilación mecánica que controla el flujo de aire y permite que se recupere el calor del aire expulsado. El aire fresco se inyecta en un único punto en cada planta y se expulsa a través del módulo sanitario. Se emplea la temperatura constante del subsuelo como fuente de calor y acumulador de calor para precalentar/preenfriar el suministro de aire fresco, este último se impulsa a través de un intercambiador de calor ubicado en los forjados del edificio. Además, en invierno, el calor se usa para precalentar el aire fresco por medio de un intercambiador de calor de flujo cruzado. De esta forma, el aire fresco se calienta aproximadamente a 20°C. Este sistema permite que las pérdidas de calor de ventilación durante la temporada de frío se

limiten a un 30%, mientras que en los meses cálidos el aire fresco se enfría de 6-7°C sin ningún aporte de energía.

Blaser (2001-86) explica cómo la temperatura dentro del edificio se puede seleccionar por separado para cada piso y se controla automáticamente. Tan pronto como se excede la temperatura configurada, los elementos de calentamiento/enfriamiento en los paneles del techo se suministran con agua fría. El agua calentada resultante se bombea a un módulo de instalaciones técnicas en la planta baja donde un intercambiador de calor extrae su calor; esta energía térmica se almacena en una tienda altamente aislada hasta la siguiente demanda de calefacción cuando los paneles de calefacción/refrigeración en los techos actúan como calentadores y extraen el calor de la tienda. Como los paneles cubren aproximadamente el 40% de la superficie habitable de la casa, se pueden usar temperaturas de flujo bastante bajas para garantizar un clima confortable.

La energía eléctrica necesaria para alimentar el sistema de ventilación mecánica y el intercambiador de calor es suministrada por los paneles solares instalados en la cubierta. Este sistema usa la red pública de electricidad como un almacén de energía de pérdida cero al alimentarlo de energía excedente y aprovecharla cuando hay un déficit de energía.

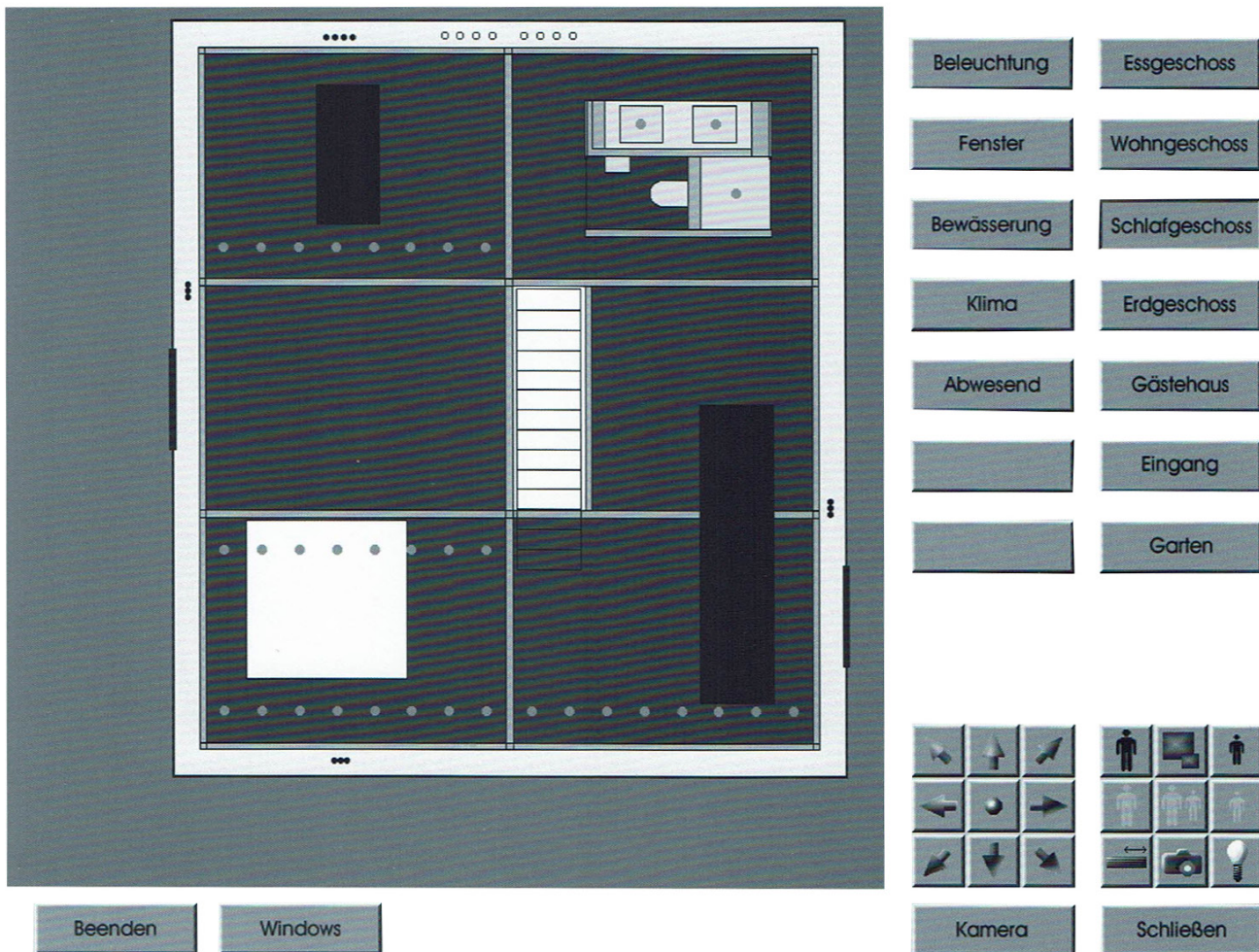


Figura 4.11. R128_Interfaz



B10

Concepto

“En el futuro, la gente vivirá en espacios con mayor densidad y gran número de plantas. Los espacios abiertos, las áreas verdes y los elementos generadores de energía ubicados en diferentes alturas serán tan esenciales para el entorno construido del futuro como la movilidad y la vivienda flexible adecuada para personas de cualquier edad. Sin embargo, todavía no se dispone de los métodos y la tecnología necesaria para diseñar y construir un mundo así de una manera verdaderamente sostenible.”⁵

La B10 se considera como un prototipo de este mundo, debe proporcionar información para lograr este objetivo. El diseño arquitectónico se basa en el concepto Triple Cero desarrollado por Werner Sobek. El edificio está diseñado no solo para satisfacer las más altas exigencias de estética y comodidad del usuario, sino también para generar más energía de la necesaria, para no producir emisiones y para ser totalmente reciclable al final de su vida. Para facilitar la transición al uso de fuentes de energía renovables en el entorno urbano, el edificio no solo adopta medidas pasivas como el aislamiento térmico, sino que utiliza diversos métodos activos. Gracias a su sistema de automatización y control de aprendizaje predictivo, es la primer *Aktivhaus* completamente funcional del mundo.

Al erigir el edificio, las órdenes de preservación histórica deben tenerse en cuenta con respecto a los desperdicios, la apariencia y los cimientos. No se podían dañar los cimientos de la edificación anterior con el nuevo proyecto.

A pesar de las difíciles condiciones presentadas por la parcela, el objetivo del diseño fue lograr un excedente de energía próximo al 200%. Además de diversas medidas pasivas, un requisito previo para lograr este objetivo fue el principio *Aktivhaus*: un sistema capaz de predecir el consumo energético permitiendo aumentar el excedente de energía renovable producida adaptándose así a las condiciones y los requisitos de los espacios.

Además de métodos activos como la automatización y el control del edificio, un requisito para alcanzar los objetivos energéticos específicos fue la implementación de diversos métodos pasivos relacionados. La construcción está completamente cerrada por tres lados y cuenta con muros muy bien aislados para reducir al mínimo las pérdidas térmicas. Al contrario, la fachada frontal de la casa, en orientación noroeste, está totalmente acristalada. El vidrio aislante al vacío garantiza altos niveles de transparencia junto con muy buenas propiedades de aislamiento térmico.

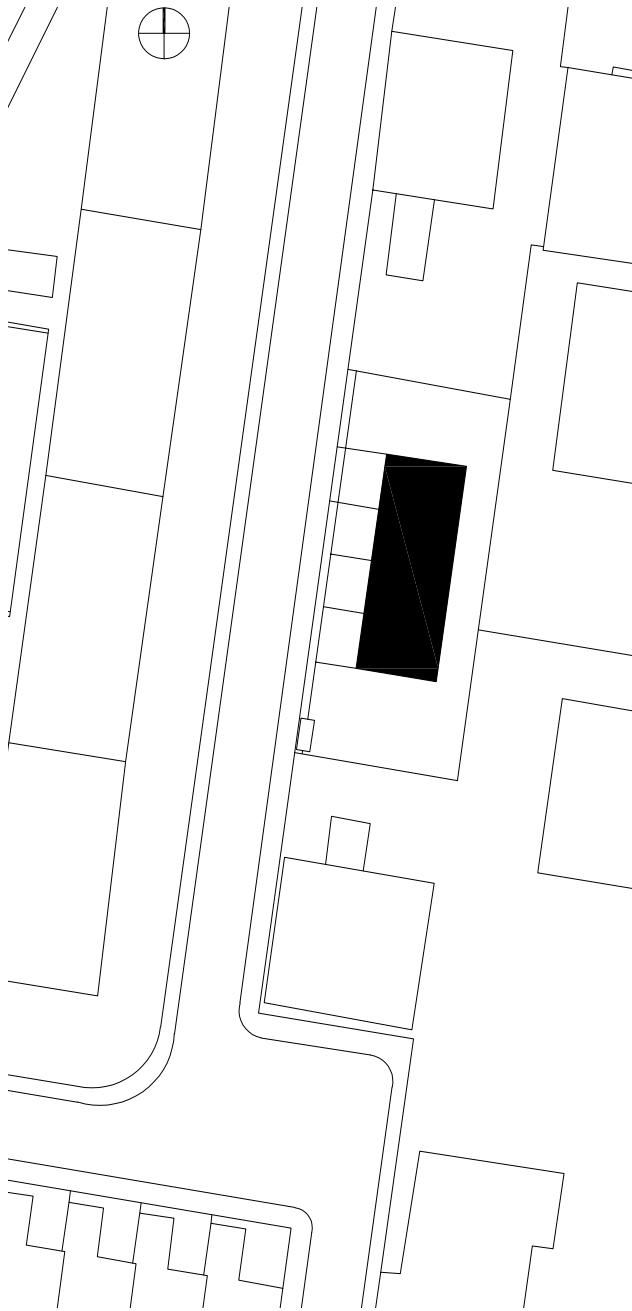


Figura 5.2. B10_Situación. Elaboración propia.

La orientación del edificio y el estilo arquitectónico no solo reflejan su carácter como objetivo de interés visual, sino que también permiten aumentar las ganancias de energía solar durante los meses de invierno. Además la compacidad del edificio ofrece una buena relación superficie/volumen y al mismo tiempo, maximiza el espacio de la cubierta que se puede utilizar para generar energía a través de una combinación de sistemas fotovoltaicos y térmicos solares.

Heinlein (2015-23) añade que gracias a la prefabricación prácticamente completa del edificio, fue posible entregar el volumen (en dos partes), montarlo y ajustar el acristalamiento en un solo día. Todos los accesorios interiores, incluida la cocina incorporada y los accesorios del baño, ya estaban previamente instalados. La prefabricación industrial y la naturaleza transportable de la estructura, fueron parámetros importantes que sustentan el concepto general. Cuatro unidades fueron diseñadas para ser prefabricadas independientemente del resto del edificio con el fin de aumentar el grado de prefabricación y al mismo tiempo, facilitar una máxima flexibilidad para reconfiguraciones posteriores. Estos módulos proporcionan espacio para instalar los componentes eléctricos, el equipamiento de la IA, la cocina y el aseo. El modelo empleado proviene de la industria automovilística, que fabrica elementos por separado y luego los incorpora al vehículo.

Las unidades están diseñadas para permitir que se unan en el orden deseado. Esto permite una construcción flexible que puede ampliarse y adaptarse en otras ubicaciones y demandas del usuario. La compacidad de los módulos garantiza que la sala de estar no es ocupada innecesariamente por funciones de infraestructura. Este enfoque permite planificar la ubicación de los elementos tecnológicos requeridos. El cableado y las tuberías se minimizan, su posición se determina durante el proyecto y se colocan en las partes del edificio específicamente diseñadas para ese fin.

El principio de modulación y adaptabilidad simple también se aplica al interior como confirma Heinlein (2015-32). Por ejemplo, el espacio se puede subdividir para diferentes usos utilizando muros divisorios móviles y puertas correderas de vidrio que son fáciles de instalar y quitar. La naturaleza modular del diseño y la construcción espacial hacen posible que el concepto de la B10 se extienda y adapte para cumplir con las diferentes necesidades.

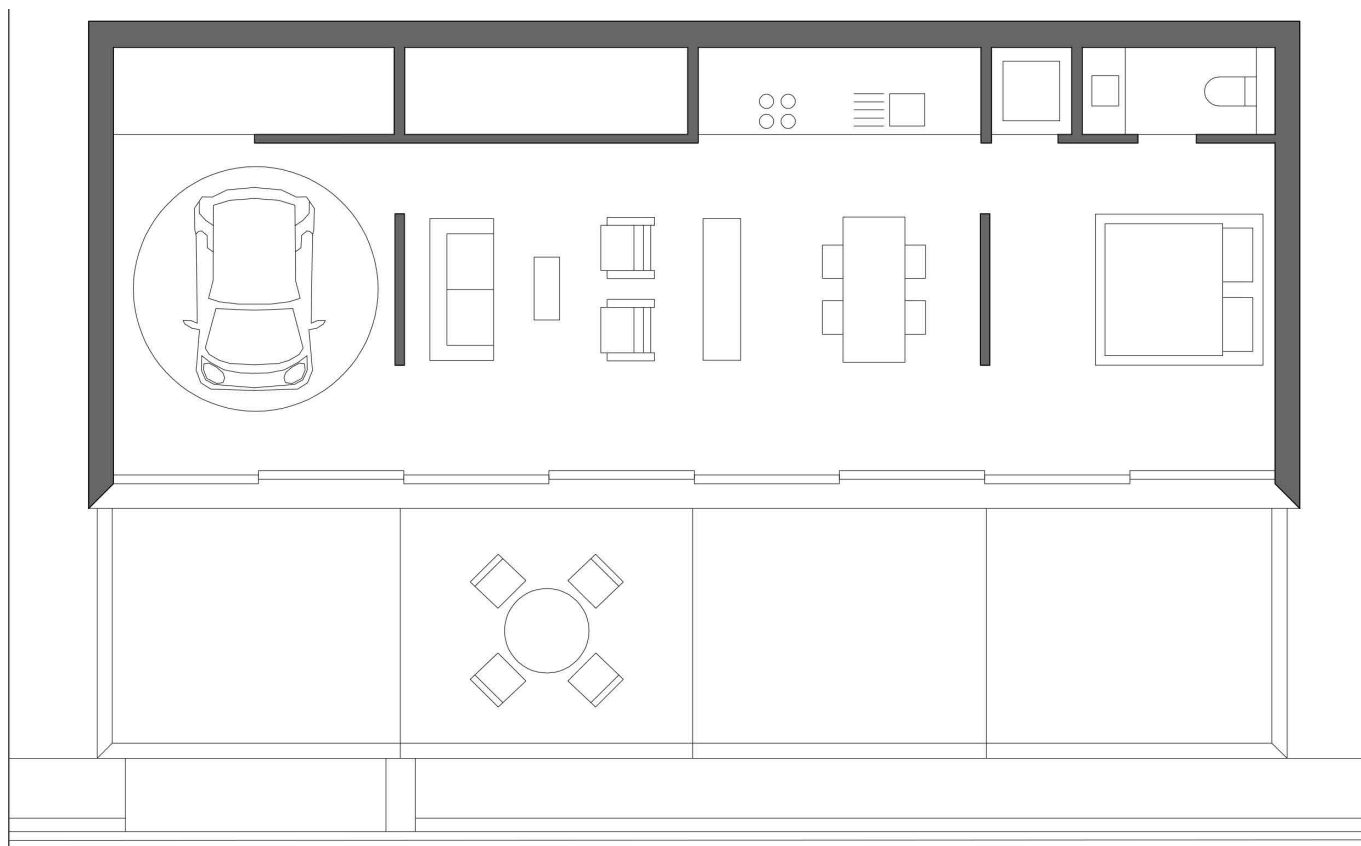


Figura 5.3. B10_Planta. Elaboración propia.

Los sistemas tecnológicos pueden instalarse en diferentes ubicaciones y someterse a personalizaciones para tener en cuenta las distintas demandas de los usuarios, las diferentes condiciones climáticas, regionales y culturales y las diversas normativas constructivas. Un aspecto muy importante aquí es la opción de aumentar la densidad de los espacios urbanos de una manera específica. El objetivo es hacer que la transformación y extensión de estas nuevas áreas urbanas sea lo más fácil y flexible posible.

El diseño modular es beneficioso no solo para el proceso de construcción, sino también para el de desmontaje. Un método de demolición destructivo se reemplaza por uno de desmantelamiento y clasificación de los materiales utilizados. Esta idea surgió al comienzo de la fase de planificación y forma parte de una apreciación consciente de la naturaleza efímera del entorno construido. Este aspecto es importante cuando se considera en el contexto de la importancia arquitectónica y cultural del barrio de la Weissenhof. Heinlein (2015-35) añade que la casa está considerada como un invitado, ubicado temporalmente en ese entorno. Está construido con paneles de madera altamente aislada. Para garantizar una reciclabilidad perfecta, los componentes de la madera no están pintados ni recubiertos de ninguna manera. Las paredes están cubiertas por dentro y por fuera con una tela, de forma que se puede modificar o desmontar fácilmente. Del mismo modo, no se colocaron cimientos, cables o tuberías en el suelo.

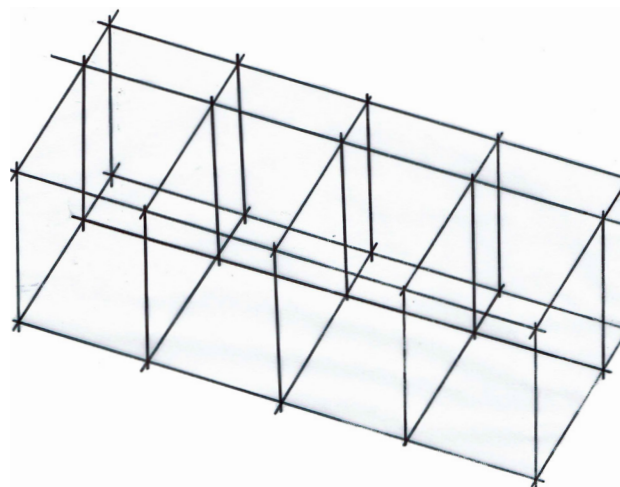


Figura 5.4. B10_Volumetría. Elaboración propia.

Debido a su carácter expositivo y de invitada en la Weissenhof, la B10 está orientada hacia la calle, mientras que el resto de viviendas se encuentran alejadas. Por un lado, se entiende como una adición independiente y moderna a su entorno. Por otro lado, gracias a su volumen discreto, su diseño cúbico simple y su color, combina perfectamente en el barrio. Con su tecnología, su alta calidad residencial y sus atributos de sostenibilidad, el edificio representa las ideas y objetivos del modernismo clásico y los guía hacia el siglo XXI. La B10 busca demostrar nuevas formas de planificación, construcción y vida, e investigar nuevos materiales y construcciones. Una innovación importante en este sentido es controlar la casa mediante un sistema predictivo de automatización y control de edificios de autoaprendizaje, así como unir los flujos de energía entre la casa, los vehículos eléctricos y las estructuras circundantes.

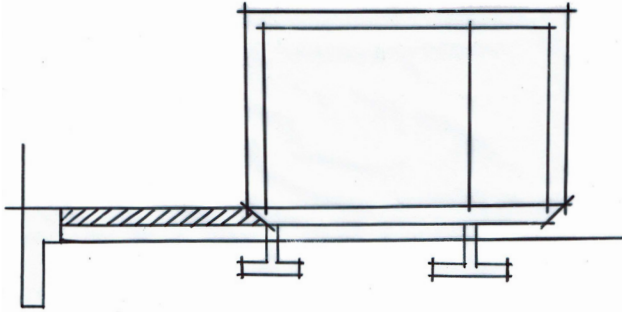


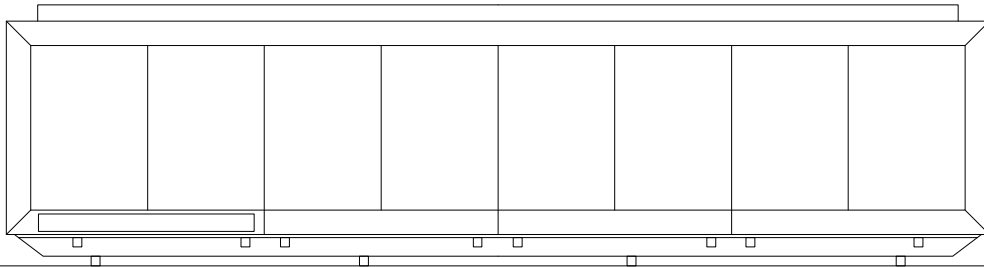
Figura 5.5. B10_Esquema. Elaboración propia.

La terraza en la parte delantera del edificio está unida al marco de acero el cual se apoya en el forjado. Dividida en cuatro elementos móviles, esta terraza se puede girar hacia arriba 90° para cerrar completamente el lado acristalado del edificio. Además, esta característica mejora aún más las propiedades de

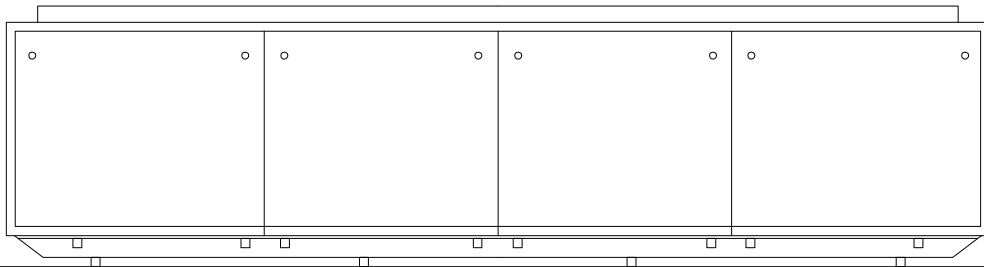
aislamiento térmico de la envolvente durante la noche o cuando el usuario está ausente. Cuando la terraza se encuentra en posición horizontal, se duplica el área útil fuera de la casa. Al plegarse, la fachada oeste se dobla y proporciona acceso al edificio. Esta entrada también puede ser utilizada por el vehículo eléctrico inteligente del edificio. Cuando se aparca el vehículo, un plato giratorio en el suelo, lo gira para que salga de forma frontal del edificio. Uno de los objetivos es investigar en qué medida esto permite simplificar la entrada y salida del vehículo para personas mayores y/o discapacitadas. Otro objetivo según Heinlein (2015-42) es investigar el grado en que el estacionamiento de un vehículo eléctrico en el espacio interior con temperatura controlada puede aumentar su autonomía.



Figura 5.6. B10_Interior



Fachada Este



Fachada Oeste

Figura 5.7. B10_AlzadosEW. Elaboración propia.

Características

Fundamentos

La B10 está formada por una estructura de marco de madera cuya planta mide 14,5 m x 6 m y una altura de 3 metros. La casa se encuentra sobre un armazón de acero ligeramente empotrado desde el borde exterior del edificio por razones estéticas. La rejilla de acero se apoya en ocho soportes de acero que transmiten las fuerzas de carga al suelo. Los extremos inferiores de los soportes están anclados en bloques de hormigón que se pueden sacar del suelo sin dejar residuos en caso de que se desmonte el edificio como describe Heinlein (2015-53).

Proyecto de investigación

El objetivo de este proyecto es lograr un vínculo más fuerte entre la eficiencia energética, la electromovilidad y la generación de energía sostenible en los barrios residenciales. Se pretende aumentar el uso de fuentes renovables de energía en entornos urbanos mediante el uso de nuevas formas de conexión restringida espacialmente entre diferentes consumidores y generadores. En vista de la volatilidad natural de la generación de energía a partir de recursos renovables, será cada vez más importante poder predecir las necesidades energéticas a corto y largo plazo.

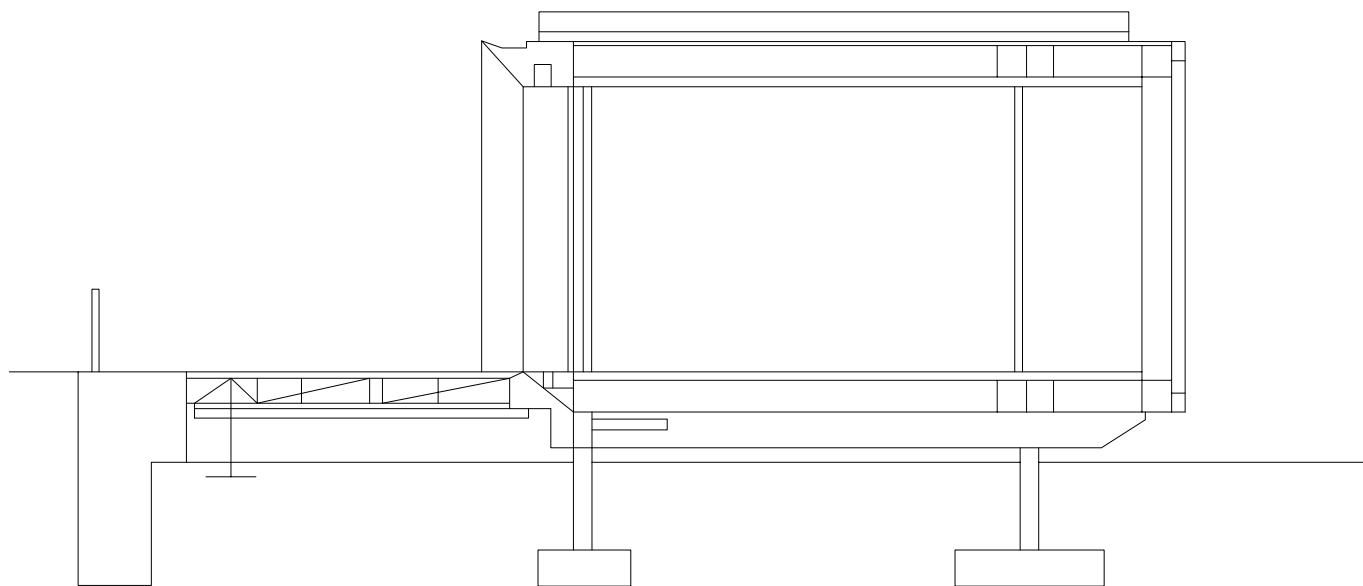


Figura 5.8. B10_Sección. Elaboración propia.

Al mismo tiempo, se debe responder cómo un excedente de energía a corto plazo puede almacenarse o distribuirse a usuarios locales. El proyecto de investigación está dedicado a responder a estas dos cuestiones centrales relacionadas con la transición a una sociedad más ecológica basada en fuentes de energía renovables. Otra de las áreas de enfoque del proyecto es desarrollar y optimizar un sistema integral de administración de energía predictivo.

La B10 es objeto de monitorización a lo largo de todo el proyecto de investigación. El objetivo de este proceso es adquirir datos en la mayor medida de lo posible sobre todas las corrientes de materiales y energía y los climas interiores y exteriores. Una vez obtenidos se podría optimizar la interacción de todas las funciones del edificio con respecto al consumo de energía, la generación de energía y la comodidad del usuario.

Automatización de edificios

Este sistema se ejecuta con la unidad de control central *alphaEOS BASE*. Este sistema de control del hogar integra todos los componentes técnicos del edificio, incluidos los relacionados con la electromovilidad. Las puertas, ventanas, luces, calefacción, refrigeración y fuente de alimentación se pueden controlar a través de una aplicación especialmente desarrollada para *smartphones* y *tablets*. Presenta una interfaz dinámica

capaz de adaptarse a momentos específicos del día y año, así como a las rutinas de los usuarios.

- Llegada acogedora: El sistema reconoce el momento adecuado para calentar o enfriar el edificio según la información del transmisor GPS. Cuando el vehículo se encuentra a pocos metros de la casa se abre la puerta, se activa la iluminación y las persianas se elevan.

- Salida repentina: Si el ocupante necesita salir de la casa con prisa, puede tomar el control del edificio usando la aplicación para apagar las luces, cerrar las ventanas y bajar las persianas.

- *Keyless Go*: al adaptarse a las rutinas de los usuarios, el sistema garantiza que el vehículo siempre esté cargado a tiempo y listo para funcionar cuando los ocupantes abandonen la casa. Después de abandonar el edificio, todos los sistemas se configuran en modo ahorro y las entradas se bloquean (modo Bloqueo/Eco).

Interfaz

Heinlein (2015-107) la describe como una combinación de funciones y opciones en un solo panel de control del sistema y las hace lo más fácil de usar posible. Consiste en un círculo en el cual se puede seleccionar el edificio, los vehículos y el usuario. A través de cada elemento se accede a distintos submenús. La aplicación está diseñada para simplificar el funcionamiento y aumentar la comodidad, por lo que es capaz de sugerir acciones.

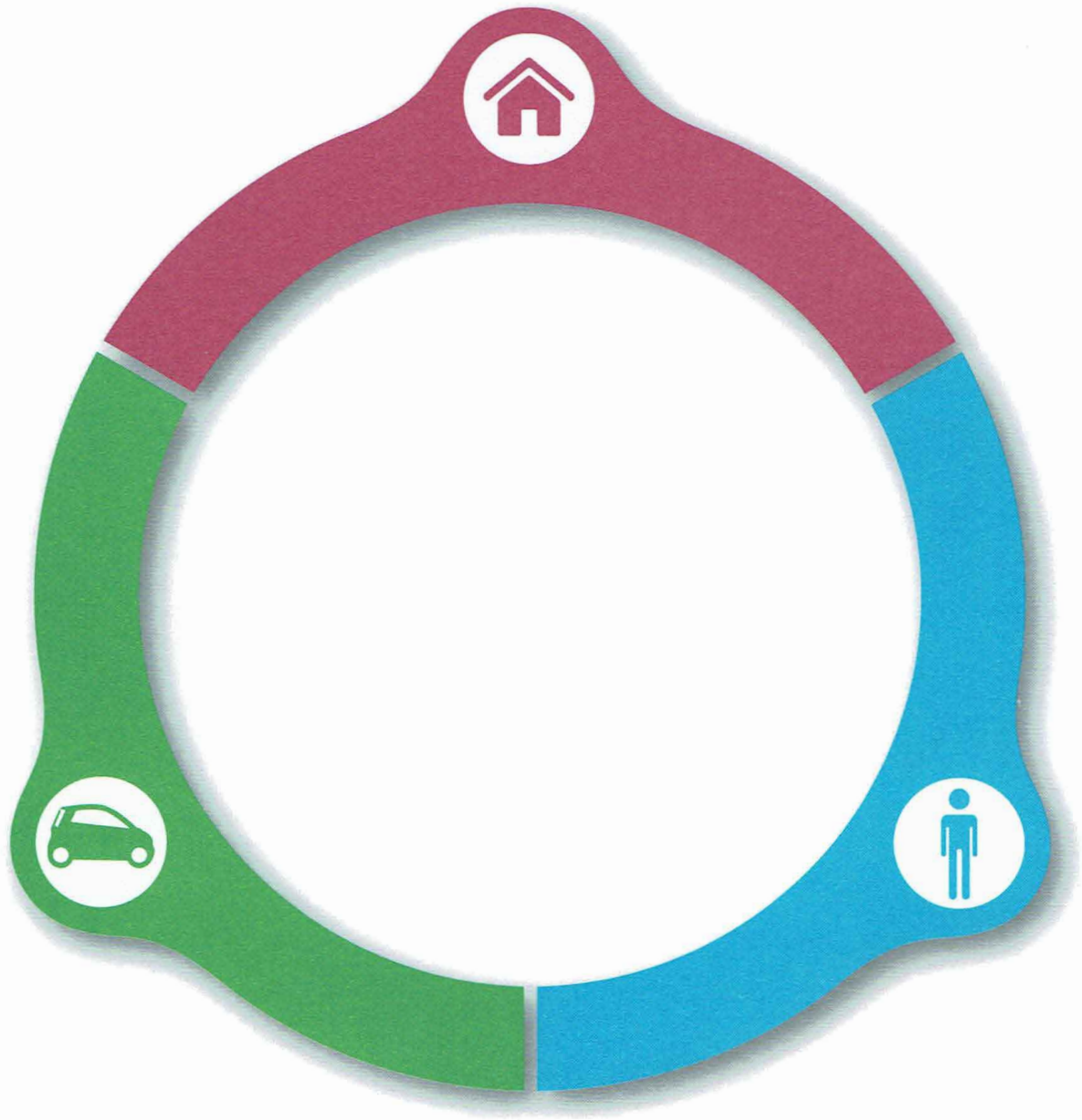


Figura 5.9. B10_Interfaz

Electromovilidad

Se utilizan un total de cuatro vehículos eléctricos en la vivienda: dos automóviles y dos bicicletas. Los vehículos fueron puestos a disposición para el proyecto de investigación por Daimler AG. Están alimentados por una batería de litio con una capacidad de 17.6 kWh y consumen un promedio de 15.1 kWh/100 km. Puede superar dicha autonomía dependiendo de la temperatura ambiente y la eficiencia del conductor. Las dos bicicletas eléctricas son Ebikes inteligentes. Están equipadas con una batería de iones de litio con 423 Wh y un máximo de 35 Nm. Y según Heinlein (2015-111) puede alcanzar los 100 km de autonomía.

Los vehículos están equipados con un cargador de 22 kW para que puedan cargarse en menos de una hora en puntos de carga públicos o en la vivienda. El sistema transmite perfiles de carga optimizados al vehículo

Gestión energética

Una de las principales innovaciones de la B10 es el sistema de administración de energía predictiva. El proyecto B10 pretende demostrar como la electromovilidad y la infraestructura de la red eléctrica se pueden interconectar de manera óptima a través de edificios que actúan como puntos de recarga de energía.

A diferencia de las otras casas *Energy Plus*,

el principal objetivo de la B10 no es solo maximizar el excedente de energía producida. Su principal objetivo es reducir la carga en la red pública mediante la distribución predictiva del excedente de electricidad para cumplir con los requisitos locales junto con el control inteligente del consumo de energía. El sistema puede decidir si es mejor consumir la electricidad, almacenarla temporalmente o ponerla a disposición del museo Weissenhof.

Concepto energético

Está previsto generar alrededor del 200% del consumo a partir de fuentes renovables. Un requisito previo para cumplir este objetivo es lograr un alto rendimiento térmico de la envolvente del edificio, así como satisfacer las necesidades de calefacción y refrigeración de una manera muy eficiente y que preserve los recursos. El resultado es que se consume muy poca energía para mantener una temperatura confortable dentro de la casa. El edificio se calienta mediante un intercambiador de calor y una matriz fotovoltaica. Esta solución hace que las cifras del coeficiente de rendimiento sean lo más altas posibles y, como consecuencia, proporciona un suministro eficiente de calor para el edificio. La casa se enfría a través del tanque de almacenamiento de hielo: el hielo utilizado para este fin en el verano se acumula durante el período de invierno.

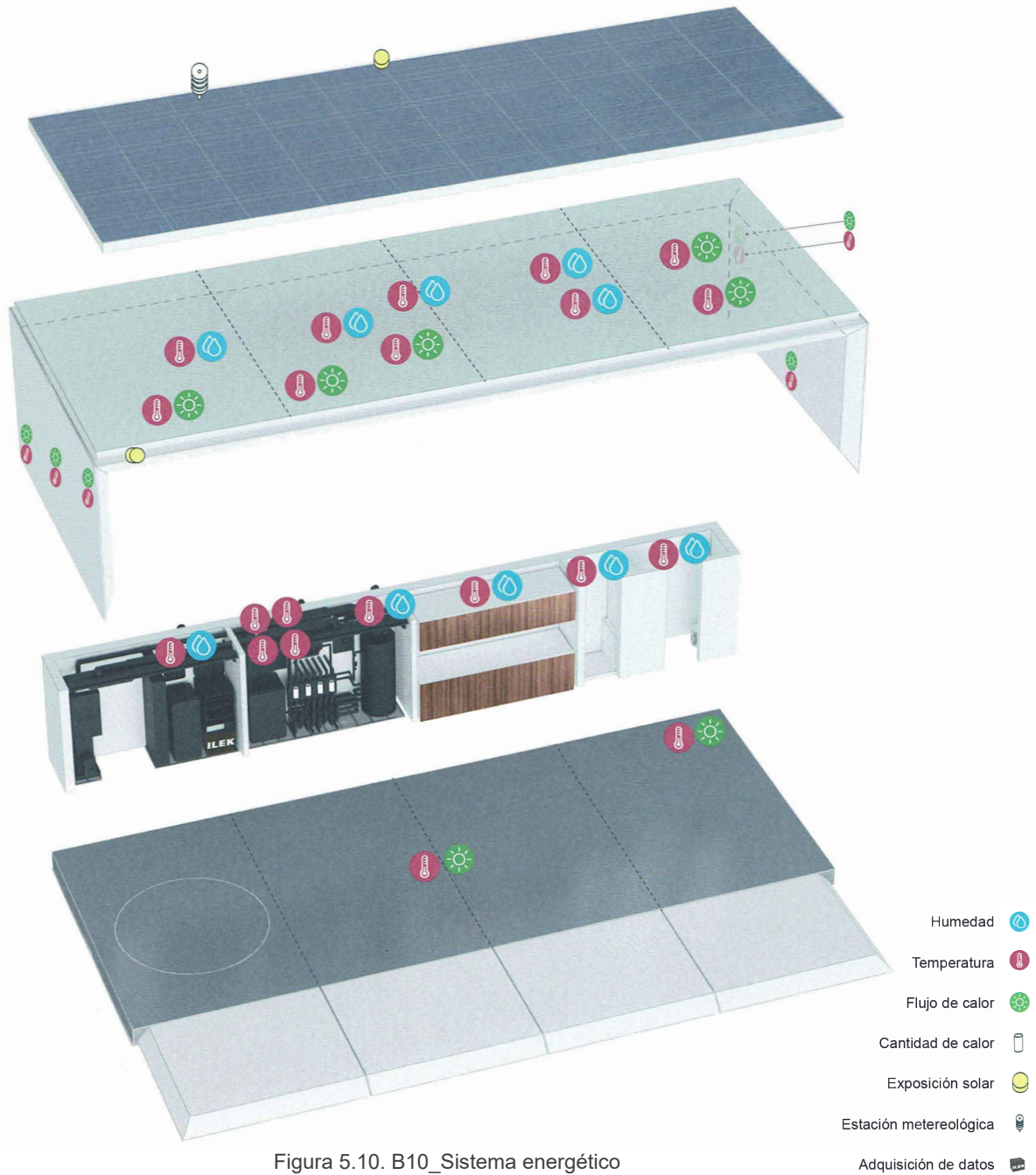


Figura 5.10. B10_Sistema energético

Una matriz hidráulica permite que se utilicen dos fuentes de calor, por una parte, el edificio se calienta mediante un intercambiador de calor. Por otro lado, los paneles fotovoltaicos con tecnología solar térmica integrada instalados en la cubierta. Estos paneles se utilizan automáticamente como fuentes de calor tan pronto como reciben suficiente insolación.

Además de que el control basado en algoritmos de la fachada de vidrio permite que el edificio se ventile y se enfríe de forma natural, el edificio se enfría utilizando el tanque de almacenamiento de hielo. Este es una cisterna esférica de 15m³ llena de agua y equipada con un intercambiador de calor. La energía almacenada se usa para enfriar el edificio en verano; durante este proceso, el tanque de almacenamiento actúa a largo plazo, absorbiendo el calor excedente del edificio para que pueda ser utilizado nuevamente. El sistema de automatización y control del edificio detecta cuando es necesario enfriar el edificio.

El sistema PVT de la cubierta es una combinación de tecnologías fotovoltaicas y térmicas solares, lo que significa que produce electricidad y calor al mismo tiempo. Una serie de tuberías detrás de las células solares monocristalinas se utiliza para recolectar energía solar. El sistema de control y automatización del edificio decide cómo se puede utilizar la matriz hidráulica de la manera más eficiente posible.

Según Heinlein (2015-81), se instalaron persianas venecianas para proteger el interior del sobrecalentamiento en verano. Si es necesario, los elementos de la terraza también se pueden cerrar, bloqueando por completo los rayos del sol o para reducir el enfriamiento nocturno. También se emplearon paneles de aislamiento al vacío en suelos y techos, estos proporcionan un muy buen aislamiento térmico a pesar de la delgadez de las paredes. Para la fachada de vidrio se utilizó un vidrio de aislamiento al vacío especialmente desarrollado, lo que permite lograr un muy buen rendimiento de aislamiento térmico a partir de un bajo espesor de acristalamiento.

Cuando la casa genera más electricidad de la necesaria para hacer funcionar el edificio y cargar los vehículos eléctricos, es posible almacenar el excedente en una batería de iones de litio, manganeso y fosfato. La batería tiene una capacidad de almacenamiento de 11 kWh. Las cifras de consumo de energía y generación de energía para el edificio se pronosticaron en detalle antes de la puesta en marcha del edificio. Esta proyección demuestra que el edificio puede producir aproximadamente el 200% de la electricidad que requiere por sí mismo. Se espera que el sistema PVT en la cubierta produzca alrededor de 8.300 kWh de electricidad por año.

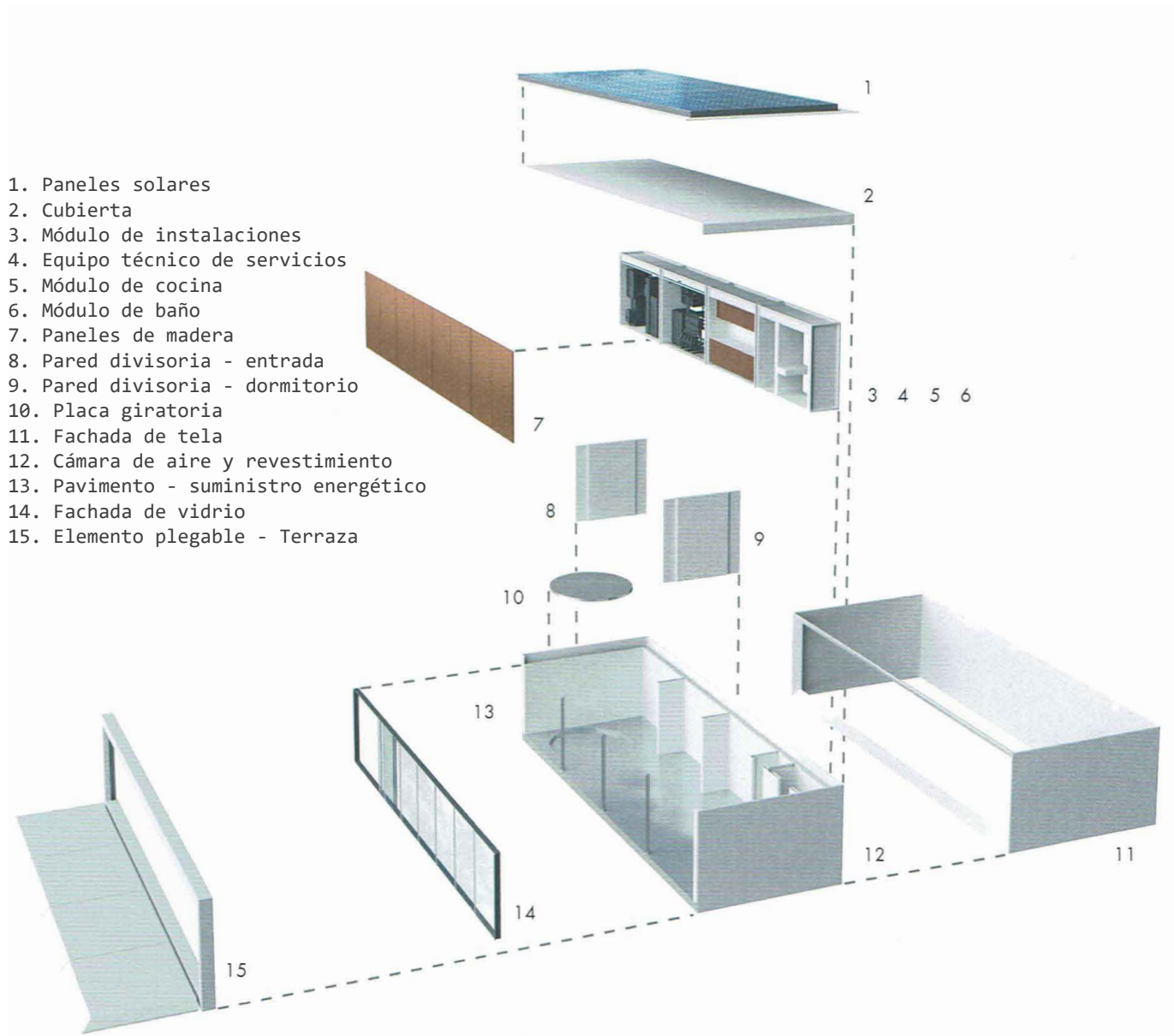


Figura 5.11. B11_Esquema funcional

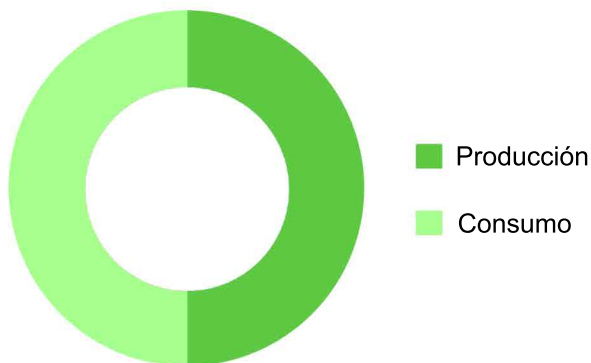
CONCLUSIÓN

Tras el análisis de estas dos viviendas y teniendo en cuenta la explicación previa de conceptos como el bioclimatismo y las *Passivhaus*, se obtienen una serie de conclusiones.

Mientras que la R128 es un buen prototipo para finales del siglo pasado, ya que se basa en la idea de consumo cero; la B10 da ese paso necesario hacia el futuro al no solo reducir el consumo a cero, sino permitir un exceso en la producción. Gracias a esto se puede abastecer a las viviendas circundantes reduciendo así el consumo energético y por consiguiente, el uso de energías no renovables como la obtenida a través de los combustibles fósiles.

Por supuesto no se deben olvidar los avances tecnológicos en los últimos años. Esto se puede apreciar fácilmente comparando el diseño de la interfaz de una y otra vivienda.

Tabla 6.1. Eficiencia R128. Elaboración propia.



A parte, la B10 dispone de baterías en las que el excedente de energía queda almacenado para su posterior uso, tecnología de la que no disponía el diseño de la R128. La mejora en la eficiencia de las placas solares, permite un menor número y una mayor producción energética de éstas. Existen dos elementos de la R128 que deben ser destacados, por un lado su fachada que permite una menor transmitancia térmica gracias a un novedoso método y su mayor viabilidad económica aunque no dispone de un tipo de tecnología como la IA, la cual no todo el mundo consideraría imprescindible.

La idea de *Aktivhaus* no es una mera etiqueta la cual se emplea para asignársela a una vivienda y así vederla a un precio desorbitado. Está basada en una serie de postulados con el objetivo de reducir al mínimo las emisiones producidas, los desechos y la dependencia de energías no renovables.

Tabla 6.2. Eficiencia B10. Elaboración propia.

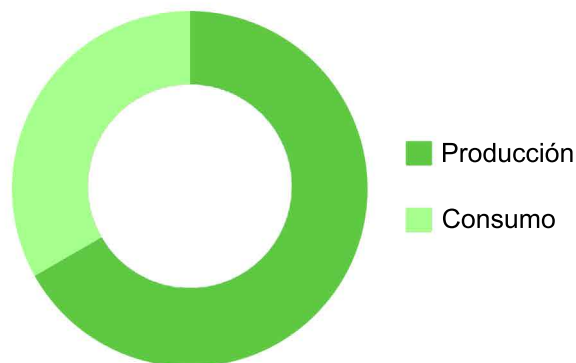
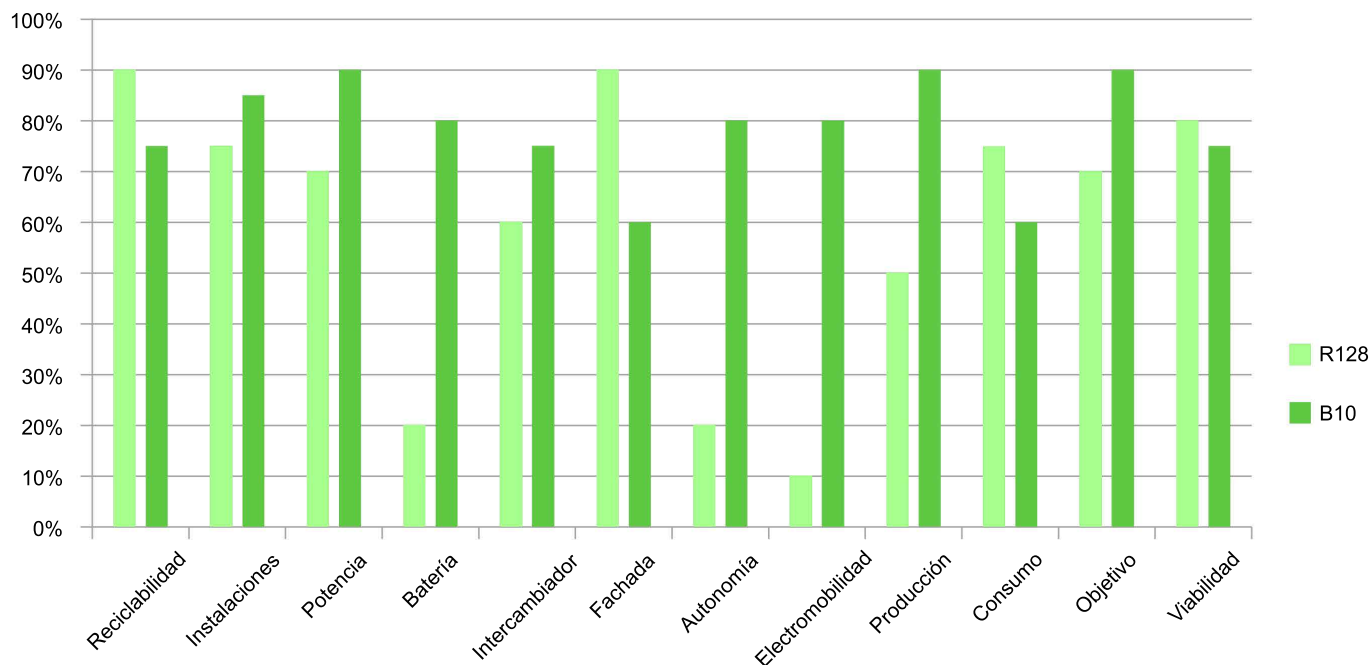


Tabla 6.3. Propiedades de R128 y B10. Elaboración propia.

	Reciclabilidad	Instalaciones	Potencia	Batería	Ventilación mecánica	Intercambiador de calor	Fachada
R128	Total	48 paneles solares	6'72 kwp	Uso de la red pública	Sí	12.000 l	0'45W/m²K
B10	Móvil	40 paneles solares	10'4 kwp	11 kWh	Sí, 300 m³/h	15.000 l 5'9 kW	0'83W/m²K

	Autonomía	Almacén energético	Electromobilidad	Producción esperada	Consumo esperado	Objetivo	Viabilidad económica
R128	Uso de la red pública	Almacén de calor	No	3.250 kWh/a	3.250 kWh/a	Consumo cero	Corto-medio plazo
B10	24 horas sin aporte energético	Almacén de hielo	Sí, 2 automóviles y 3 Ebikes	8.341 kWh/a	4.247 kWh/a	Sobrepoducción del 200%	Medio-largo plazo

Tabla 6.4. Comparativa de R128 y B10. Elaboración propia.



Es cierto que las *Aktivhaus* no siguen al 100% los conceptos clave de la arquitectura bioclimática como puede ser el reducido uso de la tecnología en la construcción, pero se adaptan a los avances de la sociedad. Podría decirse que están diseñadas en función del estándar de las *Passivhaus* pero con un extra que busca facilitar la vida a los usuarios.

Resulta curioso como en el año 1968, 31 años antes de la construcción de la R128, en la película 2001 Una Odisea del Espacio aparece una IA que controla una vivienda. Esta idea es sobre la que se sustenta en el año 2014 la B10. Transcurridos cuatro años, no es posible imaginar que será de este concepto en las próximas décadas. Por el momento, el Gobierno alemán está colaborando con una serie de arquitectos y empresarios, entre los que se encuentran Werner Sobek o Elon Musk, fundador de la empresa Tesla, los cuales han diseñado nuevos prototipos de viviendas como son la serie 700, 800 y 900.

Estas viviendas consumen un 60% de los recursos naturales que necesita una estándar, producen un 50% de desechos menos, consumen solo el 35% de combustibles fósiles y durante su fabricación emiten un 65% de CO₂ menos que cualquier otra edificación. Es cierto que se trata de un tipo de vivienda cara ya que ronda los 3000€/m² pero lo compensa con la facilidad de construcción al ser totalmente prefabricada, está disponible para su uso en doce semanas, una durabilidad de aproximadamente 100 años y su adaptabilidad porque al

ser modular puede comprender un tamaño desde 28'5 m² hasta los 186 m² además del posterior ahorro energético, ya que produce un 200% de la energía que consume.

Por desgracia, no existe todavía ningún edificio compuesto a base de este tipo de viviendas por lo que no se conoce si se trata de un tipo de construcción viable. Existen una serie de proyectos con los cuales se pretende comprobar la eficacia de este tipo de diseños. Sería fantástico para la sociedad que estas pequeñas fábricas de energía se pudieran instalar en los centros de las ciudades permitiendo así una reducción del consumo eléctrico a una escala global.

Es necesario para el futuro de la sociedad y del planeta invertir en este tipo de tecnología, tanto para mejorar las prestaciones como para reducir su coste. Ojalá en unos años podamos ver, también en España, como el número de *Aktivhaus* ha aumentado, significará que el ser humano por fin ha abierto los ojos.





ÍNDICE DE ABREVIATURAS

R128 - Römerstrasse 128

B10 - Bruckmannweg 10

IA - Inteligencia Artificial

PVT - Panel solar híbrido

PROCEDENCIA DE LAS TABLAS

Tabla 1.1. Optimización de huecos en fachada. RO: *Diseño bioclimático en Las fachadas*

Tabla 1.2. Parámetros de la *Passivhaus*. Fafflok (2016-45)

Tabla 2.1. Influencia de los colores. Garrido (2013-22)

Tabla 2.2. Elementos patógenos. Garrido (2013-25)

Tabla 3.1. Interacción pasivo-activo. Fafflok (2016-77)

Tabla 3.2. Proceso estratégico. Fafflok (2016-76)

Tabla 6.1. Eficiencia R128. Elaboración propia.

Tabla 6.2. Eficiencia B10. Elaboración propia.

Tabla 6.3. Propiedades de R128 y B10. Elaboración propia.

Tabla 6.4. Comparativa de R128 y B10. Elaboración propia.

PROCEDENCIA DE LAS FIGURAS

- Figura 1.1. Esquema de ventilación y captación solar. RO: *Sistemas de ventilación*
- Figura 1.2. Esquema general bioclimático. RO: *Metodología de Diseño Bioclimático*
- Figura 1.3. Esquema Passivhaus. Fafflok (2016-45)
- Figura 1.4. R128 (2000). RO: *Vida y obra de Werner Sobek.*
- Figura 1.5. F87 (2011). RO: *Vida y obra de Werner Sobek.*
- Figura 1.6. B10 (2014). RO: *Vida y obra de Werner Sobek.*
- Figura 2.1. Diagrama hidrotérmico. RO: *Los trucos bioclimáticos en el confort de la vivienda*
- Figura 3.1. Desarrollo sostenible. Fafflok (2016-27)
- Figura 3.2. Alcance del programa. Fafflok (2016-35)
- Figura 3.3. Criterio de balances. Fafflok (2016-37)
- Figura 3.4. Comparativa de diseño. Fafflok (2016-75)
- Figura 4.1. R128_Exterior. Elaboración propia.
- Figura 4.2. R128_Situación. Elaboración propia.
- Figura 4.3. R128_Sección. Elaboración propia.
- Figura 4.4. R128_Esquema. Elaboración propia.
- Figura 4.5. R128_AlzadosNS. Elaboración propia.
- Figura 4.6. R128_AlzadosEW. Elaboración propia.
- Figura 4.7. R128_Plantas. Elaboración propia.
- Figura 4.8. R128_Interior. RO: *Vida y obra de Werner Sobek.*
- Figura 4.9. R128_DetalleEstructura. Elaboración propia.
- Figura 4.10. R128_DetalleFachada. Elaboración propia.
- Figura 4.11. R128_Interfaz. Blaser (2001-81).
- Figura 5.1. B10_Exterior. Elaboración propia.
- Figura 5.2. B10_Situación. Elaboración propia.
- Figura 5.3. B10_Planta. Elaboración propia.
- Figura 5.4. B10_Volumetría. Elaboración propia.
- Figura 5.5. B10_Esquema. Elaboración propia.
- Figura 5.6. B10_Interior. RO: *Vida y obra de Werner Sobek.*
- Figura 5.7. B10_AlzadosEW. Elaboración propia.
- Figura 5.8. B10_Sección. Elaboración propia.
- Figura 5.9. B10_Interfaz. Heinlein (2015-108)
- Figura 5.10. B10_Sistema energético. Heinlein (2015-124)
- Figura 5.11. B10_Esquema funcional. Heinlein (2015-67)
- Figura 6.1. B10_Bloque. RO: *Vida y obra de Werner Sobek.*

BIBLIOGRAFÍA

- BLASER, Werner & HEINLEIN, Frank. *R 128 by Werner Sobek : Bauen Im 21 Jahrhundert=architecture in the 21st Century*. (2001)
- FAFFLOK, Caroline et al. *Aktivhaus : The Reference Work : From Passivhaus to Energy-plus House*. (2016)
- GARRIDO, Luís de. *Arquitectura Para La Felicidad : Ecológica, Sostenible, Bioclimática*. (2013)
- GARRIDO, Luís de. *Arquitectura Bioclimática Extrema*. (2014)
- GARZÓN, Beatriz. *Arquitectura Bioclimática*. (2007)
- HEINLEIN, Frank & SOBEK, Werner. *Residentials by Werner Sobek*. (2015)
- HEINLEIN, Frank. *Aktivhaus B10 by Werner Sobek*. (2015)
- NEILA GONZÁLEZ, Francisco Javier. *Arquitectura Bioclimática En Un Entorno Sostenible*. (2004)
- PEIRO PINTO, Mariola & MEDINA RAMÓN, Francisco Javier. *La Arquitectura Bioclimática Y El Desarrollo Sostenible. El Estandar Passivhaus Aplicado a Un Edificio Residencial Plurifamiliar En Valencia*. (2011)
- PUNSET, Eduardo. *El Viaje a La Felicidad : Las Nuevas Claves Científicas*. (2005)
- RODRÍGEZ VIQUEIRA, Manuel. *Introducción a La Arquitectura Bioclimática*. (2001)
- WASSOUF, Micheel. *De La Casa Pasiva AL Estándar Passivhaus : La Arquitectura Pasiva En Climas Cálidos = Da Casa Passiva à Norma Passivhaus : A Arquitectura Passiva Em Climas Quentes*. (2014)

Active House B10 - Where the Future Lives. Recurso online disponible en: <https://www.hasenkopf.de/en/projects/corian-active-house-b10>

Aktivhaus. Recurso online disponible en: <https://ah-aktivhaus.com/>

Aktivhaus, Die Zukunft des Bauens „Leichtbau im Urbanen. Recurso online disponible en: https://www.leichtbau-bw.de/uploads/tx_lbwevents/Modulares_Bauen__Stephanie_Fiederer.pdf

Arquitectura Bioclimática: Conceptos y técnicas. Recurso online disponible en: <http://www.ecohabitar.org/conceptos-y-tecnicas-de-la-arquitectura-bioclimatica-2/>

Diseño bioclimático en Las fachadas de Las viviendas. Recurso online disponible en: <https://ovacen.com/disenio-bioclimatico-fachadas-viviendas>

House B10 / Werner Sobek Group. Recurso online disponible en: <https://www.archdaily.com/596695/house-b10-werner-sobek-group>

Kommt nach dem Passivhaus das Aktivhaus? Recurso online disponible en: <https://www.hausbauberater.de/energieeffizient-bauen/aktivhaus>

Los trucos bioclimáticos en el confort de La vivienda. Recurso online disponible en: <http://www.solucionesespeciales.net/Index/Noticias/06Noticias/375137-Los-trucos-bioclimaticos-en-confort-de-la-vivienda.aspx>

Metodología de Diseño Bioclimático. Recurso online disponible en: <http://ecoabcys.blogspot.com/2015/>

Sistemas de ventilación con recuperación de calor y humedad para viviendas. Recurso online disponible en: <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/ventilacion/sistemas-de-ventilacion-con-recuperacion-de-calor-y-humedad-para-viviendas.html>

Vida y obra de Werner Sobek. Recurso online disponible en: <https://www.wernersobek.de/en/>