

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA: RETOS PARA UN FUTURO CERCANO.

Análisis de la arquitectura bioclimática mediterránea en los
últimos años.

Autor: Jorge Guerri Ruiz

Tutor: Juan José Tuset Davó

TRABAJO FINAL DE GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Octubre de 2018, Valencia

Curso 2018-2019



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA

ÍNDICE

1. Resumen / Resum / Abstract.....	3
2. Palabras clave.....	4
3. Introducción.....	5
4. Objetivos.....	6
5. Metodología.....	7
6. El bioclimatismo.....	8
6.1. ¿Qué es el bioclimatismo?.....	8
6.2. ¿Qué caracteriza a la arquitectura bioclimática?.....	9
6.3. Estrategias bioclimáticas generales.....	11
6.3.1. Para la generación de calor.....	12
6.3.2. Para la generación de fresco.....	13
6.3.3. Para el almacenamiento de calor o fresco.....	17
6.3.4. Para la transferencia de calor o fresco.....	18
6.3.5. Gráfico de estrategias de diseño bioclimático.....	19
7. El clima mediterráneo.....	20
7.1. ¿Qué se considera clima mediterráneo?.....	21
7.2. Elección de emplazamientos.....	24
7.2.1. Emplazamiento 1.....	24
7.2.2. Emplazamiento 2.....	25
7.2.3. Emplazamiento 3.....	26
7.2.4. Emplazamiento 4.....	27
8. Análisis de las obras.....	28
8.1. Casa PI / Munarq Arquitectes.....	28
8.1.1. Ficha del proyecto.....	28
8.1.2. Análisis de la obra.....	28
8.2. Beitcher Residence / W3 Architects.....	32
8.2.1. Ficha del proyecto.....	32
8.2.2. Análisis de la obra.....	32
8.3. Johanna House / Nicholas Burns.....	38
8.3.1. Ficha del proyecto.....	38
8.3.2. Análisis de la obra.....	38
8.4. Eye of Horus / Luis de Garrido.....	42
8.4.1. Ficha del proyecto.....	42
8.4.2. Análisis de la obra.....	42
9. Extracción de conclusiones tras los análisis.....	48
10. Reflexiones tras la comparación.....	50
11. Bibliografía.....	52

1. Resumen.

La arquitectura Bioclimática es beneficiosa en muchos aspectos. No solo permite ahorrar grandes cantidades de energía, lo que supone un ahorro económico a la vez que beneficia al planeta. También mejora la calidad de vida de la gente que habita en este tipo de viviendas. Se trata pues de una arquitectura que nos aporta grandes beneficios. Además es posible de lograr mediante sencillos cambios y con la toma de las correctas decisiones durante el proceso de diseño del edificio. Por esta razón es importante la formación del arquitecto en este campo, que (junto a la rama de sostenibilidad y autosuficiencia) forma parte sin duda del futuro de la arquitectura.

El clima es un factor fundamental, y cada situación debe estudiarse a fondo para lograr un correcto uso de las estrategias bioclimáticas. Por ello es necesario indagar en este aspecto también. Por limitar un poco este amplio ámbito, se opta por centrarse en el clima mediterráneo, que es donde se encuentra la gran parte de España, y que además se reparte por más zonas del planeta. Esto supone una diversidad cultural, lo que puede significar distintas maneras de enfrentarse al problema.

A lo largo del trabajo se investigarán las diferentes estrategias bioclimáticas según las necesidades del edificio. Se repasarán los distintos tipos de climas, incidiendo en el mediterráneo. Y por último se analizarán cuatro viviendas contemporáneas pertenecientes a éste clima, y repartidas en distintas áreas de la Tierra, con el fin de saber en qué situación se encuentra la arquitectura bioclimática, hacia dónde se dirige, y si esta dirección es la correcta.

Resum.

L'arquitectura Bioclimàtica és beneficiosa en molts aspectes. No sols permet estalviar grans quantitats d'energia, la qual cosa suposa un estalvi econòmic al mateix temps que beneficia al planeta. També millora la qualitat de vida de la gent que habita en aquest tipus de vivendes. Es tracta doncs, d'una arquitectura que ens aporta grans beneficis. A més és possible d'aconseguir per mitjà de senzills canvis i amb la presa de les correctes decisions durant el procés de disseny de l'edifici. Per aquesta raó és important la formació de l'arquitecte en aquest camp, que (junt amb la branca de sostenibilitat i autosuficiència) forma part sense dubte del futur de l'arquitectura.

El clima és un factor fonamental, i cada situació ha d'estudiar-se a fons per a aconseguir un correcte ús de les estratègies bioclimàtiques. Per això és necessari indagar en aquest aspecte també. Per limitar un poc aquest ampli àmbit, s'opta per centrar-se en el clima mediterrani, que és on es troba la gran part d'Espanya, i que a més es repartix per més zones del planeta. Açò suposa una diversitat cultural, lo que pot significar distintes maneres d'enfrontar-se al problema.

Al llarg del treball s'investigaran les diferents estratègies bioclimàtiques segons les necessitats de l'edifici. Es repassaran els distints tipus de climes, incidint en el mediterrani. I finalment s'analitzaran quatre vivendes contemporànies pertanyents a aquest clima, i repartides en distintes àrees de la Terra, a fi de saber en quina situació es troba l'arquitectura bioclimàtica, cap a on es dirigix, i si la direcció és la correcta.

Abstract.

Bioclimatic architecture is beneficial in so many ways. Not only does it allow lots of savings in energy, which means an economic saving at the same time it benefits the planet. But it also better the life quality for the people who habits in these kinds of buildings. It is so, a type of architecture that brings us huge benefits in every way. It's also easy to achieve thru small changes and by making the right decisions during the design process. This is why it is important to train the architect in this field, since it is without doubt part of the future of architecture, together with sustainability and self efficiency.

Climatology is a fundamental factor, and therefore each emplacement must be studied thoroughly to achieve a correct use of the bioclimatic strategies. This is the reason why it seems necessary to inquire in this aspect. To reduce this open field, it is decided to stick to mediterranean climate, since this is where Spain is located, and it is also spread into different parts of the world. This means a cultural diversity, which can lead into different ways to deal with the same problem.

Throughout the work, the different bioclimatic strategies will be investigated, depending on what the building needs. Different types of climate will be reviewed, centering the attention in the Mediterranean. And lastly, four contemporary Mediterranean buildings from different cultures will be analyzed to find out in which situation does the bioclimatic architecture find itself right now, where is it headed to, and if the direction it has is the correct.

2. Palabras clave.

Sostenibilidad, eficiencia energética, sistemas pasivos, control climático, medio ambiente.

3. Introducción.

La arquitectura es una disciplina con el poder de modificar la forma de vivir del ser humano. Es un arte que no solo debe adaptarse a su época, sino que debe de ser capaz de predecir y adaptarse al futuro también. No se debe de pensar en la arquitectura como la solución a los problemas y circunstancias actuales, pues si hacemos eso la arquitectura siempre nacerá muerta, obsoleta. Para pensar en futuro debemos de pensar cómo conseguir una arquitectura que favorezca la situación de nuestro planeta, lo que inevitablemente nos conduce a las arquitecturas verdes (bioclimáticas, sostenibles y autosuficientes). Este trabajo se centra en la primera de ellas, la rama de la arquitectura Bioclimática, ya que esta además de ser beneficiosa para el medio ambiente, también mejora notablemente la vida de los que habitan en ella.

Con este trabajo de investigación se pretende pues enmarcar la importancia de esta rama dentro de la arquitectura. Se trata de un campo extenso, que apenas se menciona en las escuelas de arquitectura en la actualidad, y que sin embargo es fundamental para el presente y sobre todo para el futuro, como todas las demás ramas de arquitectura verde.

Se persigue la obtención de las diferentes maneras de enfrentarse a un emplazamiento, tras conocer su climatología, con tal de conseguir que la vivienda diseñada por el arquitecto consiga un confort higrotérmico mediante el uso de elementos puramente arquitectónicos.

Es por tanto un paso más dentro de la arquitectura, pues es un salto de ésta hacia una mejor adaptación al entorno. Un salto hacia la simbiosis entre lugar y vivienda que mejora también la relación entre quien habite en la casa y el entorno. Es la posibilidad de crear un arquetipo de arquitectura que sirva como referencia básica a la hora proyectar.

Muchos arquitectos esquivan el estudio bioclimático de la vivienda, y muchos otros proclaman y bautizan su arquitectura como verde sin haber analizado, estudiado y trabajado con la metodología que convierte un edificio en un edificio realmente verde. Se pretende pues conocer en qué situación se encuentra el bioclimatismo actualmente, con tal de evaluar si es suficiente, o si por el contrario, no está en la dirección correcta.

4. Objetivos.

El objetivo principal del trabajo es ser capaz de analizar varios proyectos de la arquitectura bioclimática de clima mediterráneo y abstraer las estrategias más utilizadas para este tipo de clima, con la intención de conocer más a fondo qué se trata de conseguir mediante el bioclimatismo, y como se aplica en las zonas que disfrutan de este clima mediterráneo, además de determinar la dirección que lleva esta corriente arquitectónica. Tras el trabajo se espera obtener suficientes conocimientos sobre el bioclimatismo como para poder utilizarlo en la arquitectura propia.

Para ello se plantean una serie de objetivos secundarios como:

- Conocer las distintas estrategias de diseño que existen en la arquitectura bioclimática universal, realizando una guía clasificándolas.
- Analizar las diferentes estrategias más utilizadas en la arquitectura bioclimática mediterránea contemporánea, mediante el análisis de varias obras (de distintos autores consagrados en este campo), repartidas en distintas zonas del mundo, pero que compartan un mismo clima. Con el fin de ver las similitudes y las diferentes formas con las que se enfrentan al bioclimatismo las diferentes culturas que comparten un mismo tipo de clima.
- Observar el avance del bioclimatismo en la zona del Mediterráneo y reflexionar sobre dónde se encuentra, la dirección que lleva, si ésta es la correcta, y determinar si el ritmo de avance de esta rama de la arquitectura es el adecuado.
- Concienciar sobre la importancia del bioclimatismo en la arquitectura y exponer por qué es necesario.

5. Metodología.

Para lograr los objetivos se debe localizar la bibliografía relacionada con la arquitectura bioclimática, con tal de analizar y localizar cuales son las diferentes estrategias bioclimáticas más extendidas, y clasificarlas de forma que se diferencien cuales sirven para generar calor, cuales generan fresco, como almacenarlos, y como transferir tanto el calor como el fresco.

Una vez logrado esto es necesario conocer la importancia del clima en la arquitectura bioclimática y debido a que el trabajo se centra en el clima mediterráneo, analizarlo, y extraer las bases comunes que alberga este tipo de clima.

Tras este paso se debe de escoger cuatro viviendas cuyo análisis pueda ser de utilidad. Se opta por viviendas que compartan este clima mediterráneo, pero que a la vez se muestren en diferentes culturas y zonas del planeta, aprovechando la expandida localización del clima mediterráneo. Además se escogen viviendas contemporáneas ya que, para analizar la situación bioclimática actual, se debe de analizar viviendas que representen la arquitectura más actual, es decir, a ser posible de la última década. Además en el análisis se verá porque se han escogido estas viviendas y no otras. A continuación, como es obvio, se analizarán lo más minuciosamente que sea posible con ayuda de la bibliografía escogida.

Por último se procede a la comparación de las viviendas para extraer cosas en común, y contrastarlas. De esta forma se puede hacer una aproximación de dónde se encuentra la arquitectura bioclimática, y hacia dónde se dirige, para posteriormente sacar conclusiones sobre si está en la dirección correcta y cuáles son los retos para un futuro cercano.

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA. RETOS PARA UN FUTURO CERCANO. Análisis de la arquitectura bioclimática mediterránea en los últimos años.

6. El bioclimatismo.

6.1. ¿Qué es el bioclimatismo?

“En síntesis, la arquitectura bioclimática es la fusión de los conocimientos adquiridos por la arquitectura tradicional a lo largo de los siglos, con las técnicas avanzadas en el confort y el ahorro energético.” (Garzón, B., 2007:17)

Se trata de aplicar la lógica, la ciencia y la experiencia para conseguir un buen comportamiento en el clima de la vivienda.

Está relacionada con la sostenibilidad y la autosuficiencia, pero es necesario diferenciar estos términos. Mientras que el **bioclimatismo** se centra en lo puramente ambiental, la **autosuficiencia** se caracteriza por dotar al edificio de independencia energética y el autoabastecimiento de agua y de alimentos mediante estrategias tales como placas solares, huertos, recolección de aguas pluviales, pozos, etc. La **sostenibilidad** es un término más amplio, que incluye desde la rigurosa elección de los materiales basándose en el coste energético que supone su obtención, y su impacto en el planeta, hasta un cambio en el hábito de vida de los dueños de la vivienda. Se trata de lograr en todos los sentidos que la construcción suponga un gasto cero de recursos para el planeta, desde el momento en el que se va a construir, hasta el resto de su vida, y si es posible, que sus partes sean sustituibles o reparables para permitir un uso infinito del edificio. Se trata pues de que su creación y manutención sea sostenible, que no interfiera negativamente en el planeta. (De Garrido, L., 2012)

Entre las principales ventajas del bioclimatismo destacan el **ahorro energético** (que alcanza más de un 60% de ahorro con respecto a una vivienda convencional), por tanto, es evidente que un buen diseño bioclimático, al generar una temperatura adecuada durante todo el año, puede reducir prácticamente a cero el uso de aparatos tales como aires acondicionados, estufas, ventiladores, etc. Actualmente el constante gasto de energía por parte de numerosos países debido al mal diseño bioclimático de la arquitectura, conlleva el malgasto de cantidades muy elevadas de energía que en muchos de casos son totalmente innecesarias con un buen planteamiento inicial. Es por esta razón, que un diseño bioclimático eficaz genera también un gran ahorro de energía, y el uso de las energías renovables, lo que supone un menor impacto ambiental, por consecuencia **contribuye al medio ambiente**, algo muy necesario en el tiempo presente. Esto supone un potente cambio del estilo de vida al que acostumbra la gran mayoría de la gente en la actualidad. Provoca un cambio de tendencia del día a día en la vida de una

persona, o una familia entera que convive en una vivienda particular, y a escala global puede ser determinante para revertir hechos como el calentamiento global.

Y por último, por supuesto, el **confort de sus habitantes** así tanto como el aumento de la calidad de vida. (Garzón, B., 2007; Minguet, J. M., 2012; Serra, R., 2009)

Se trata pues de una arquitectura que pretende mejorar el estilo de vida, una arquitectura destinada para nuestro bienestar, una arquitectura para la felicidad.

6.2. ¿Qué caracteriza a la arquitectura bioclimática?

“La arquitectura bioclimática es aquella arquitectura que tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir el confort higrotérmico interior y exterior. Involucra y juega exclusivamente con el diseño y los elementos arquitectónicos, sin utilizar sistemas mecánicos (los que son considerados sistemas de apoyo).” (Garzón, B., 2007)

La arquitectura bioclimática se caracteriza por lograr mantener una temperatura ideal en verano y en invierno únicamente mediante decisiones en la fase de diseño arquitectónico. Estas decisiones se deben tomar respecto a la orientación, a los materiales, a la tipología de vivienda, y a la estructura formal que se le proporcione al edificio. Además, se logra también mediante una colocación estratégica de los elementos arquitectónicos en el edificio. Por tanto el bioclimatismo puro de una vivienda no deberá depender en ningún caso de artefactos tecnológicos, y en la mayoría de los casos, no incrementan el precio final del edificio, pues se trata de simples decisiones a la hora de situar elementos constructivos. (Serra, R., 2009)

No hay un solo grado de bioclimatismo, pues se pueden tomar diferentes decisiones arquitectónicas que influyen en el resultado final del proyecto, por tanto este grado varía según estas decisiones, que van relacionadas con el nivel de conocimientos sobre la materia que haya adquirido el arquitecto durante su formación y su carrera profesional.

Se trata de lograr un confort higrotérmico para quien esté en la vivienda. Las condiciones generales del confort higrotérmico en verano y en invierno en un gráfico psicrométrico son las siguientes según Serra, R., (2009) en *Arquitectura y climas*.

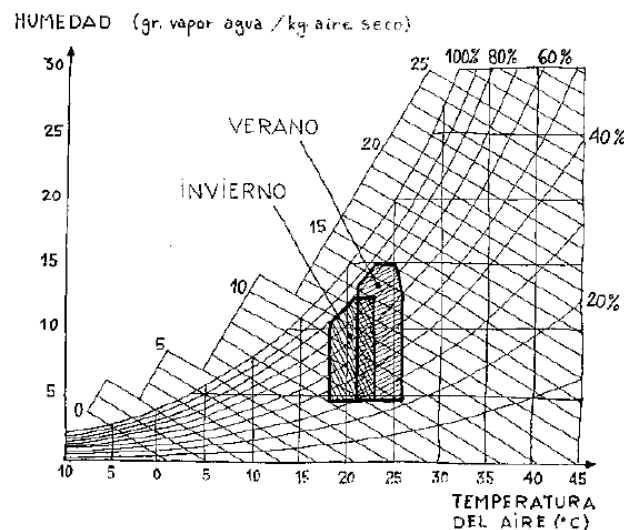


Fig. 1: Zona de confort en Invierno y en Verano (2009)

Las condiciones que se deben dar para el confort han sido estudiadas y analizadas por científicos y arquitectos a través de climogramas por ejemplo. Los más reconocidos son los climograma de Olgay y el climograma de Givoni.

El climograma de los hermanos Olgay nos permite determinar los valores que se deben dar a los parámetros para situarnos en la zona de confort, definida por unos límites de temperatura de termómetro seco y de humedad relativa. Se pueden diferenciar dos áreas en la zona de confort, que van en función de la humedad: una central que representa la zona de confort como tal y otras zonas a ambos lados de ésta que abarcan zonas que podrían ser confortables con unas ciertas condiciones. El límite inferior de la zona de confort indica la línea de sombra, de forma que los puntos situados encima precisan sombra y los situados debajo radiación. (Moran, L., 2015). Este climograma se utiliza principalmente para exteriores.

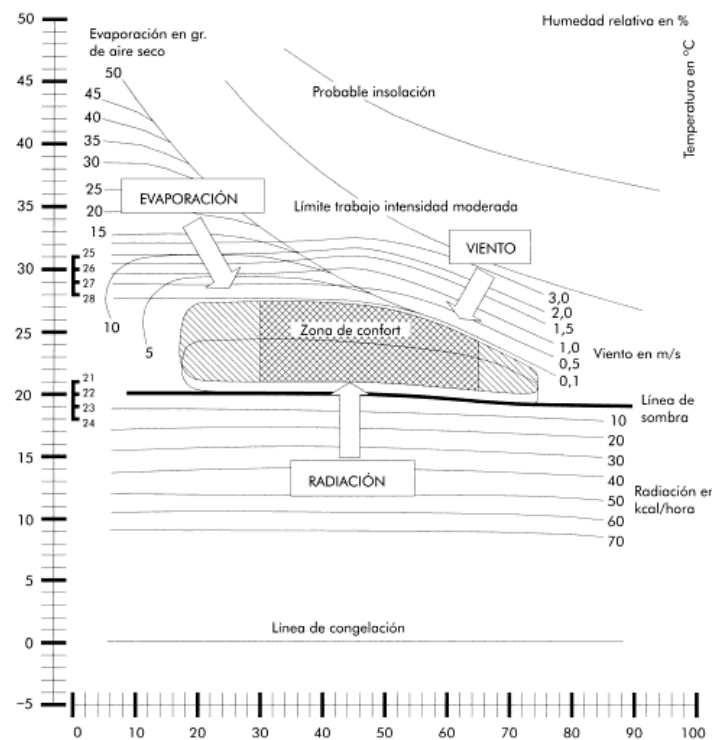


Fig 2: Cartas bioclimáticas (I): climograma de bienestar adaptado (Climograma de Olgay) (2015)

“El procedimiento deseable será trabajar con y no contra las fuerzas naturales y hacer uso de sus potencialidades para crear mejores condiciones de vida...El procedimiento para construir una casa climáticamente balanceada se divide en cuatro pasos, de los cuales el último es la expresión arquitectónica. La expresión debe estar precedida por el estudio de las variables climáticas, biológicas y tecnológicas...” (Olgay, 1963).

El climograma que se utiliza en interiores para la aproximación al confort es el de Givoni. Se trata de un gráfico psicrométrico con las áreas de Givoni marcando las zonas de confort y las distintas zonas en las que con una intervención del arquitecto se puede lograr el confort.

“El edificio se interpone entre las condiciones exteriores e interiores y el objetivo fundamental de la carta bioclimática consiste en utilizar unos materiales y una estructura constructiva, cuya respuesta ante unas determinadas condiciones exteriores permita crear un ambiente interior comprendido dentro de la zona de bienestar térmico.” (J. Hernandez, P., 2014)

El diagrama es por tanto una carta que trata de ayudar al arquitecto a definir cual es la estrategia bioclimática a seguir en función de las condiciones higrotérmicas que tenga el edificio según las distintas épocas del año. En el diagrama pues, se diferencian unas áreas que subdividen en zonas las distintas condiciones, y que van asociadas a las técnicas bioclimáticas que deben emplearse para alcanzar la zona de bienestar (J. Hernandez, P., 2014).

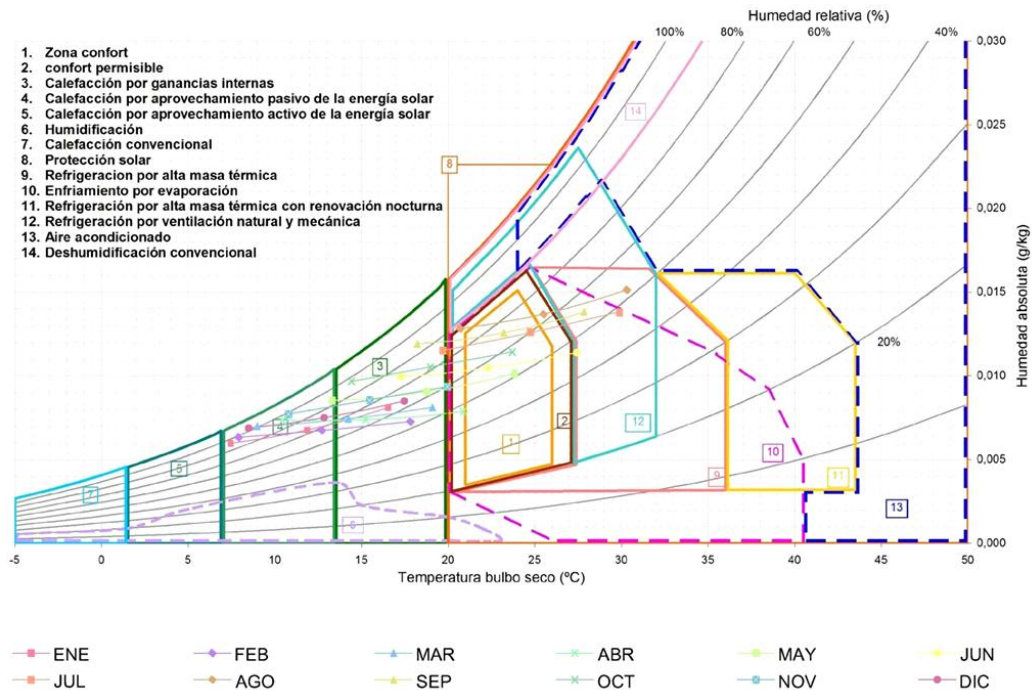


Fig 3: Climogramas, Carta bioclimática de Givoni (2016)

Como es lógico, cada una de las zonas geográficas dispone de una carta bioclimática distinta según sus condiciones ambientales (su clima). Estas cartas sirven para estudiar y analizar las actuaciones a realizar entre el punto higrotérmico del que partimos y un punto de confort.

Cabe mencionar también que dentro de las estrategias bioclimáticas existen estrategias simples, cuyo coste no varía con respecto al de un edificio no bioclimático, debido a que estas decisiones son tan simples como elegir una correcta orientación. Sin embargo, cabe decir que hay ciertas estrategias que requieren de un coste y una complejidad mayor. En el próximo apartado se verán muchas de las distintas estrategias bioclimáticas en la arquitectura y su clasificación.

6.3. Estrategias bioclimáticas generales.

Existen varios tipos de estrategias de diseño bioclimático según lo que se pretenda lograr con éstas. Se divide en los siguientes grupos: Estrategias bioclimáticas para la generación de calor, para la generación de fresco, para el almacenamiento de calor o fresco y por último, para la transferencia de calor o fresco. (De Garrido, L., 2012)

Estas estrategias vienen fuertemente marcadas por el recorrido del sol. La orientación sur es la más deseada, ya que recibe la radiación solar durante todo el día y es donde el sol se encuentra en su mayor elevación, y por tanto es donde podemos lograr un mayor control de

éste, mediante por ejemplo, voladizos que eviten su paso en verano pero que debido al cambio de ángulo de los rayos de sol en invierno, sí que permitan su acceso logrando así que entre el calor en la vivienda cuando éste es requerido.

Por tanto, es necesario aclarar esquemáticamente el recorrido del sol, que variando su altura y horas de exposición según la estación y según el emplazamiento, es el siguiente:

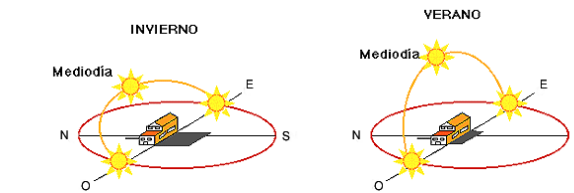


Fig 4: La trayectoria solar (2014)

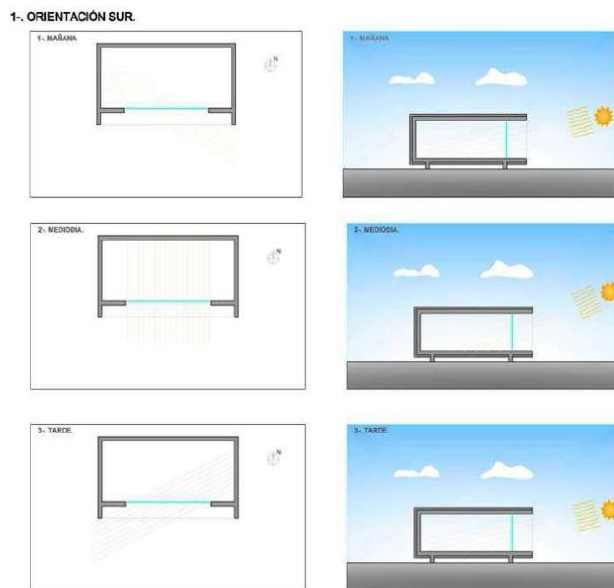


Fig 5: Orientación sur (2012)

A continuación se dan a conocer cuáles son estas estrategias mediante esquemas.

6.3.1. Para la generación de calor.

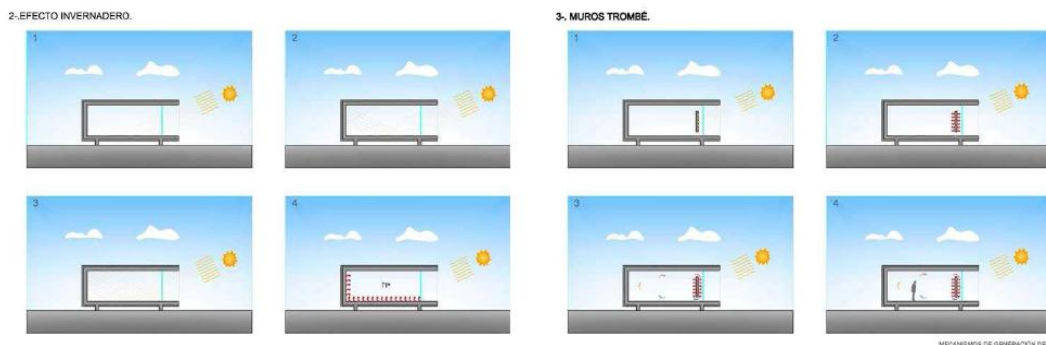


Fig 6a: Estrategias arquitectónicas bioclimáticas básicas para la generación de calor (2012)

· El efecto invernadero: En la arquitectura, la radiación solar entra en un espacio a través del vidrio de ventanas, ventanales o muros cortina, y queda atrapada dentro, generando calor dentro de ese espacio.

· **Muros Trombé:** Se trata de unos muros de gran inercia térmica que se colocan en el interior de la vivienda a una distancia de unos 20 cm de un cristal con la superficie que se encuentra enfrentada al sol pintada de negro. De esta forma se calientan el muro y el espacio entre el muro y el cristal, generando una gran cantidad de calor, que se trasfiere al interior de la vivienda por radiación desde el propio muro, y a través de un calentamiento del aire frío, que aumenta de temperatura al ser dirigido al espacio intermedio entre el muro y el cristal. En verano, para evitar que todo lo dicho previamente pase, se cierra el acceso del aire caliente al interior de la vivienda, y en su lugar se abre una compuerta al exterior, para que este aire caliente salga al exterior, y generando una especie de fachada ventilada.

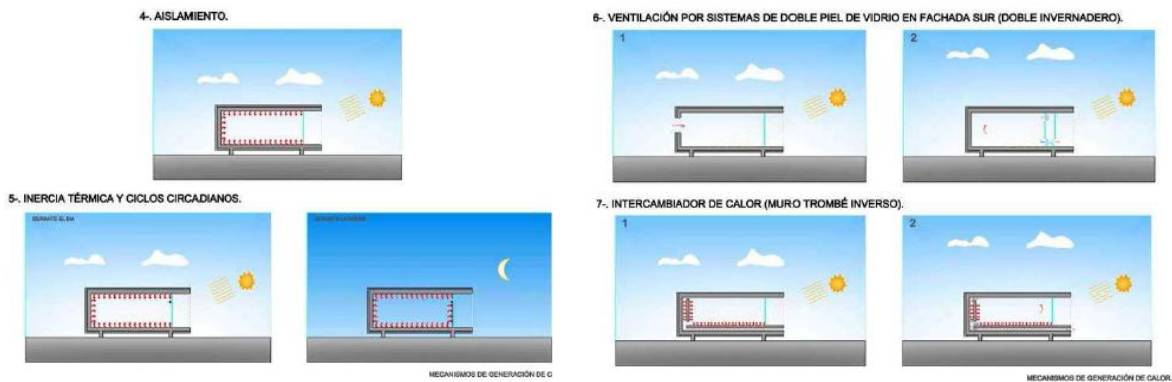


Fig 6b: Estrategias arquitectónicas bioclimáticas para la generación de calor (2012)

· **Aislamiento:** Proporcionar de un buen aislamiento térmico a la envolvente, con el objetivo de evitar pérdidas tras las ganancias de calor durante el día.

· **Inercia térmica y ciclos circadianos:** Aprovechando los ciclos circadianos, se almacena calor durante el día y se expulsa por la noche, cuando la temperatura es inferior tanto en el ambiente, como en nuestro cuerpo, ya que mientras dormimos alcanzamos nuestra temperatura más baja durante el día.

· **Ventilación por sistemas de doble piel de vidrio en fachada sur (doble invernadero):** Se trata de generar una doble piel de vidrio para calentar el aire en esta, y que el flujo de aire hacia el interior sea siempre caliente, calentando de nuevo el aire que se enfríe.

· **Intercambio de calor (Muro Trombé inverso):** Esta estrategia utiliza los muros Trombé de forma inversa, se colocan en la zona norte de la vivienda y se calientan a través de un aire que proviene de la fachada de sol (sur). Así, mediante este aire, se calienta el suelo, y el muro Trombé, que a través de la radiación calientan la casa.

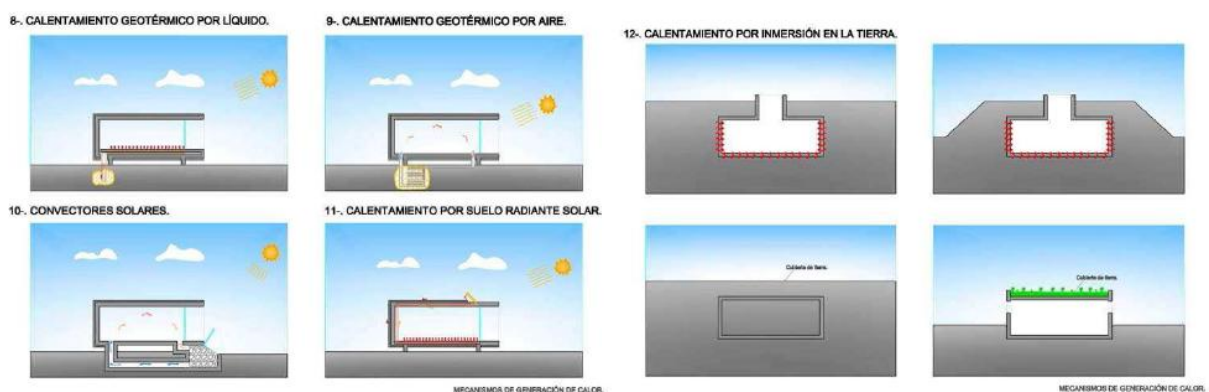


Fig. 6c: Estrategias arquitectónicas bioclimáticas para la generación de calor (2012)

- **Calentamiento geotérmico por líquido:** En esta estrategia se colocan unas tuberías que calientan el suelo de la vivienda debido a la energía geotérmica, es decir, el calor que recibe de la tierra a una cierta profundidad, esta agua sube a una temperatura adecuada, que fácilmente se puede aumentar con el uso de una caldera sin apenas gastar energía. Estas tuberías transportan agua caliente bajo la superficie del suelo, que hacen que éste actúe como un pavimento radiante.
- **Calentamiento geotérmico por aire:** Este sistema es muy parecido al sistema previamente descrito, pero en este caso se necesita generar una convección para que el aire caliente entre a la vivienda por un punto, y al generarse un movimiento del aire, el aire fresco salga por el lado opuesto, volviendo a bajar y siendo calentado de nuevo mediante la energía geotérmica.
- **Convectores solares:** Con esta estrategia se genera una convección natural en la vivienda. Existe un elemento que se calienta por su exposición directa al sol potenciada mediante efecto invernadero generalmente con un cristal. Elementos como pueden ser piedras, o materiales con mucha inercia térmica, para funcionar como una especie de caldera natural, por la que pasa el aire fresco, y del que sale el aire calentado, que se dirige al interior de la vivienda.
- **Calentamiento por suelo radiante solar:** Debido a que el suelo radiante no necesita de tanta energía para calentarse, ya que la temperatura que necesita no es tanta como los radiadores, se aprovecha la energía solar para calentarlo, tanto durante el día, a través de la exposición solar, como durante la noche, a través del calor acumulado, y de la energía almacenada en las placas solares, que fácilmente pueden mantener una temperatura adecuada en el suelo radiante.
- **Calentamiento por inmersión en la tierra:** Al colocar nuestro edificio bajo la superficie, no solo conseguimos una inercia térmica y aislamiento excelentes, también logramos disponer durante la noche del calor almacenado por la propia tierra durante el día. También entra la cubierta vegetal. Facilita una temperatura constante durante todo el año.

6.3.2. Para la generación de fresco.

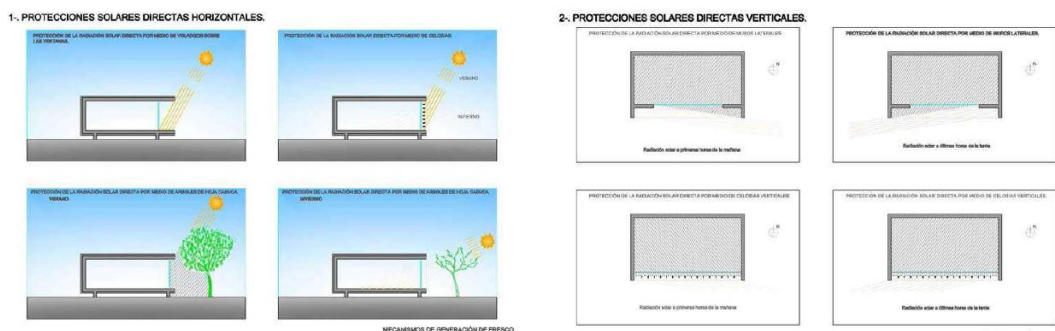


Fig. 7a:
Estrategias
arquitectónicas
bioclimáticas
básicas para la
generación de
fresco (2012)

- **Protecciones solares directas horizontales:** El uso de elementos como voladizos, parasoles, celosías, bien calculados, impiden el paso del sol en verano, y se lo permiten en invierno. Lo mismo pasa con la vegetación de hoja caduca, que durante el verano generan sombra a la vivienda, mientras que en invierno al no disponer de hojas, permiten el paso de los rayos de sol al interior del edificio.
- **Protecciones solares directas verticales:** Se colocan elementos verticales tales como muros (ejemplo de arriba), o lamas (ejemplo de abajo) que impidan el paso del sol al interior del edificio durante el día, para evitar las ganancias.

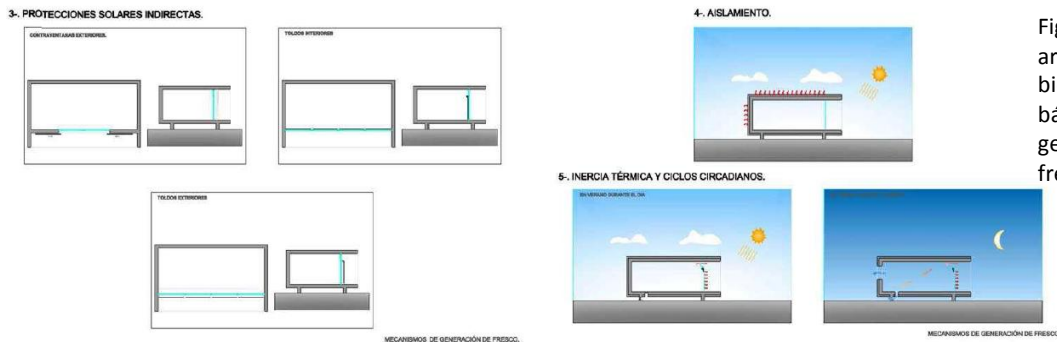


Fig. 7b: Estrategias arquitectónicas bioclimáticas básicas para la generación de fresco (2012)

- **Protecciones solares indirectas:** Se trata de elementos que se pueden desplegar o se pueden recoger con tal de usarse cuando sean necesarios. Son los toldos, las contraventanas interiores y exteriores, etc.
- **Aislamiento:** Un buen aislamiento aumenta la resistencia térmica y por tanto frena el flujo de calor a través del cerramiento, lo que evita o limita enormemente la entrada de calor al interior de la vivienda. El aislamiento es utilizado comúnmente en las viviendas contemporáneas, y un buen cálculo y uso de éste, puede ayudarnos mucho a la hora de construir una vivienda bioclimática.
- **Inercia térmica y ciclos circadianos:** Esta estrategia se aprovecha de la inercia térmica del edificio, y propone una ligera apertura diurna en una situación elevada que permita la salida del calor durante el día, y una ventilación nocturna cruzada que permita la renovación de aire y la entrada de aire fresco, soltando a lo largo del día todo el fresco que se ha almacenado durante la noche.

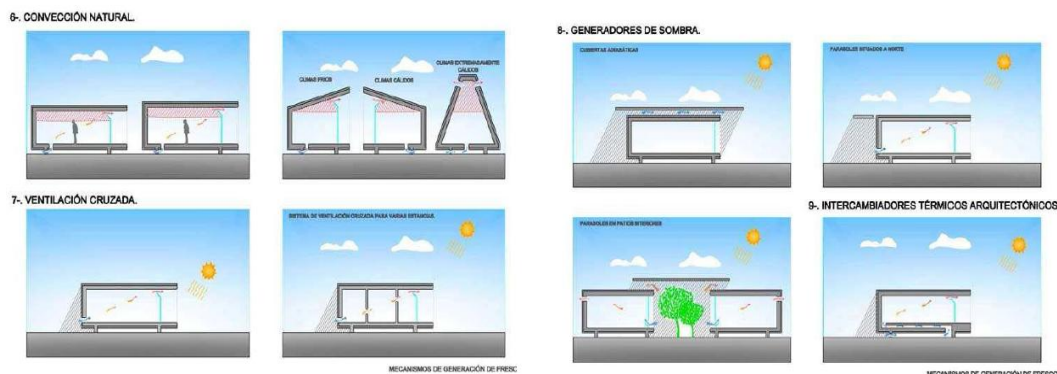


Fig. 7c: Estrategias arquitectónicas bioclimáticas básicas para la generación de fresco (2012)

- **Convección natural:** El aire más caliente, por la diferencia de presiones, asciende. Por ello, se coloca una entrada de aire desde la parte inferior de la vivienda, lo que genera una entrada de aire fresco, y el desplazamiento del aire más caliente hacia arriba. El aire caliente sale de la vivienda por una apertura colocada en la parte elevada quedando así el aire más frío dentro.
- **Ventilación cruzada:** Desde la fachada norte, o fachada en sombra (zona de fresco), se genera una ventilación cruzada partiendo de una altura no elevada, que permitirá la entrada del aire frío. Éste desplazará el aire caliente hacia el exterior, el cual saldrá a través de una apertura a una altura elevada en la cara caliente de la vivienda.
En caso de que haya varios compartimentos ventilados por una misma ventilación cruzada, y separados por tabiques, estos deberán permitir la diagonal de ventilación cruzada mediante aperturas que continúen esta línea de ventilación (2º esquema de Ventilación cruzada).
- **Generadores de sombras:** Se crean artificialmente sombras, mediante recursos arquitectónicos que puedan generar fresco y sombra a la vivienda en zonas donde sea

necesario. Ya sea mediante el uso de elementos fijos, o a través de elementos prefabricados desmontables. Estas zonas de sombra se convierten en las zonas de entrada de aire fresco.

· **Intercambiadores térmicos arquitectónicos:** En el primer caso se trata de generar un efecto chimenea, que se explicará más adelante, donde se coloca un techo en el patio, con el objetivo de generar una zona de sombra que propicie aire fresco a la vivienda. Además, el aire caliente asciende hacia el techo debido a la alta temperatura de éste por su exposición continuada al sol, y sale por los huecos de diferencia de alturas entre techo y cubierta de la vivienda. El segundo caso genera una ventilación cruzada desde la parte inferior y en sombra de la vivienda, permitiendo la entrada de aire fresco, y expulsando el aire caliente por arriba de nuevo.

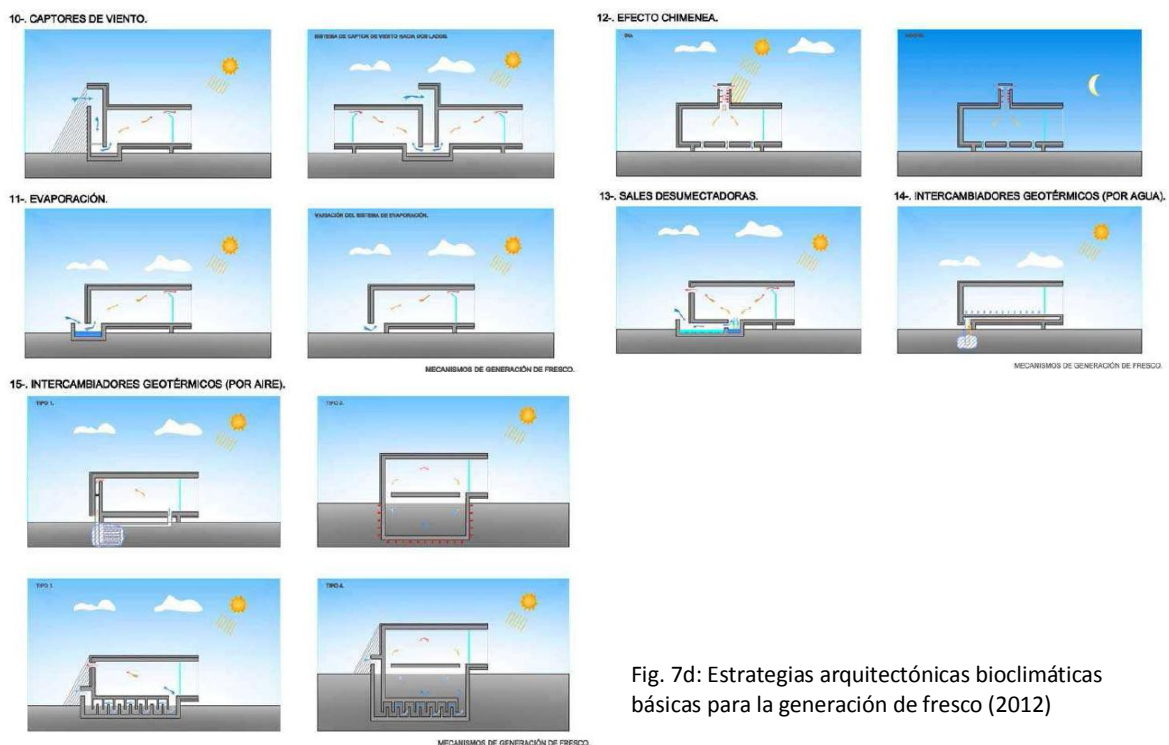


Fig. 7d: Estrategias arquitectónicas bioclimáticas básicas para la generación de fresco (2012)

· **Captore de viento:** Se trata de una ventilación cruzada potenciada por el viento. Se coloca una apertura en la zona norte, en una zona elevada (donde la corriente de aire es mayor), y se aprovecha este viento de aire fresco para enfriar la casa, y expulsar el aire caliente.

· **Evaporación:** Este método requiere de una fuente de agua que colocada en la zona norte de sombra enfríe el aire que viene del exterior, generando fresco.

· **Efecto chimenea:** El efecto funciona logrando una temperatura muy elevada en la chimenea creada. De esta manera, todo el aire caliente asciende y es expulsado por ésta. Se genera un flujo de aire fresco desde la parte inferior de la vivienda, que renuevan el aire caliente cambiándolo por aire fresco.

· **Sales desumectadoras:** Esta estrategia es similar al método de la evaporación, añadiendo un efecto fuente, que genera un movimiento de las aguas en el punto final, donde el aire fresco entra a la vivienda, para generar una mayor sensación de fresco.

· **Intercambiadores geotérmicos (por agua):** Se trata de una técnica similar a la mencionada con anterioridad en el apartado anterior "Calentamiento geotérmico por líquido", pero en este caso se enfoca para que el agua se enfríe lo máximo posible, generando una especie de pavimento radiante de baja temperatura. El agua que ya ha enfriado y por tanto ha

aumentado su temperatura, vuelve a enfriarse en un circuito cerrado de agua, que consigue disminuir su temperatura mediante intercambios geotérmicos.

· **Intercambiadores geotérmicos (por aire):** Consta de técnicas complejas y algo más costosas debido a su dificultad constructiva, de túneles de ventilación subterráneos, y conductos de aire, que se aprovechan de la geotermia para lograr la generación de aire fresco para la vivienda. Esta técnica está estrechamente relacionada con la descrita en el punto anterior: “Calentamiento geotérmico por aire” con la excepción de que en este caso, se busca generar fresco en lugar de calor.

6.3.3. Para el almacenamiento de calor o fresco.

No solo se trata de generar calor y fresco mediante el uso de elementos puramente arquitectónicos. Para un buen comportamiento bioclimático en la arquitectura, también es fundamental que el arquitecto sea capaz de lograr que el edificio almacene todo lo generado para poder usarlo cuando sea necesario. Por tanto, la inercia térmica del edificio es esencial. Por esta razón es importante utilizar grandes masas en los sistemas estructurales, tratando de mantener bajos costes y cortos tiempos de construcción. Esta inercia térmica nos permite almacenar el calor generado de forma natural durante el día, mediante las estrategias nombradas con anterioridad, en invierno, para poder utilizarlo durante la noche sin consumo energético. (De Garrido, L., 2012)

También permite que en verano, el fresco almacenado durante la noche de forma natural, pueda mantenerse durante el día.

“Sin la suficiente inercia térmica no hay forma de conseguir este comportamiento, y por tanto, no hay forma de conseguir un verdadero edificio bioclimático” (De Garrido, L., 2012), Un nuevo paradigma en Arquitectura.

Se puede lograr inercia térmica mediante cubiertas ajardinadas, cubiertas de tierra, la acumulación de porciones de tierra, grava, etc.

1-. EXTERIORES AL EDIFICIO.

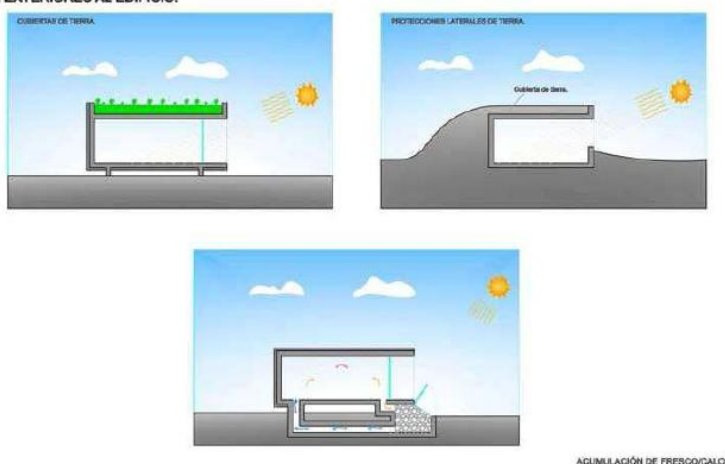


Fig. 8: Estrategias arquitectónicas bioclimáticas básicas para el almacenamiento de calor o fresco (2012)

6.3.4. Para la transferencia de calor o fresco.

No siempre va a ser posible calentar o enfriar todas las estancias de un edificio simplemente mediante las estrategias descritas hasta el momento. Parece lógico, que la complejidad espacial de muchos edificios impide que algunas de las salas de la vivienda no puedan aprovecharse directamente de las estrategias anteriores. Es por esta razón que se debe de añadir este apartado a las estrategias bioclimáticas, para explicar una pregunta que nace por necesidad: ¿Cómo logramos transferir el calor y el fresco de unas estancias a otras? Es muy importante ser capaz de elegir las formas de transferencia de calor y fresco más adecuadas para garantizar un buen uso bioclimático de la vivienda, y el mínimo coste económico y energético posible. (De Garrido, L., 2012)

Algunas de estas estrategias para transmitir el calor están recogidas en el esquema de debajo. Son por ejemplo: mediante radiación, convección y utilizando la masa del edificio (jardines, agua, suelo radiante de hormigón, estructura vertical y estructura horizontal).

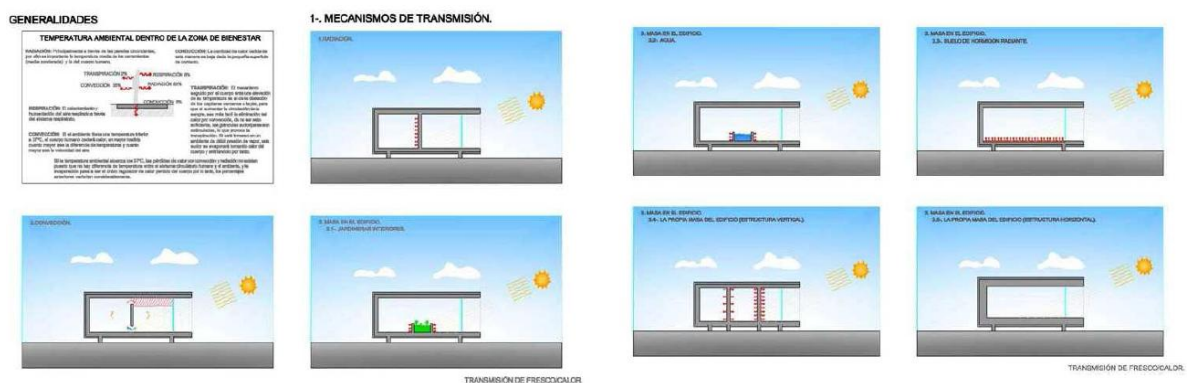


Fig. 9: Estrategias arquitectónicas bioclimáticas básicas para la transferencia de calor o fresco (2012)

De todas maneras, cabe añadir que el bioclimatismo no es una ciencia exacta, por ello, el arquitecto debe ser capaz de ver en cada situación que estrategias utilizar, e incluso si es posible crear alguna nueva. Esta lista recoge muchas de las bases de la arquitectura bioclimática, pero en cada caso se aplicará lo que el arquitecto considere oportuno, basándose en el emplazamiento, la ordenación estructural y espacial de la vivienda, el presupuesto, y cualquier condición externa o interna que afecte o pueda afectar de cualquier modo al edificio. Hay que ser consciente también de que la eficacia del bioclimatismo no es el cien por cien, ya que no siempre depende de la arquitectura. Por ejemplo, hay días en los que el cielo está nublado y por tanto no se puede depender del sol. Es por esta razón que siempre será recomendable contar con un plan b para lograr el confort higrotérmico en la vivienda a pesar de cualquier circunstancia que pueda suceder.

6.3.5. Gráfico de estrategias de diseño bioclimático.

A continuación se aporta un gráfico que explica de forma resumida y esquemática estrategias de control de ganancias y pérdidas según la estación en la que nos encontramos, según los mecanismos de transferencia de calor y por último las distintas fuentes de calor y sumideros de calor. Se trata de algo muy básico que recoge varias de las cosas mencionadas hasta el momento. Una guía básica con pautas a seguir según la situación del edificio. (Fuentes, V. A., 2001)

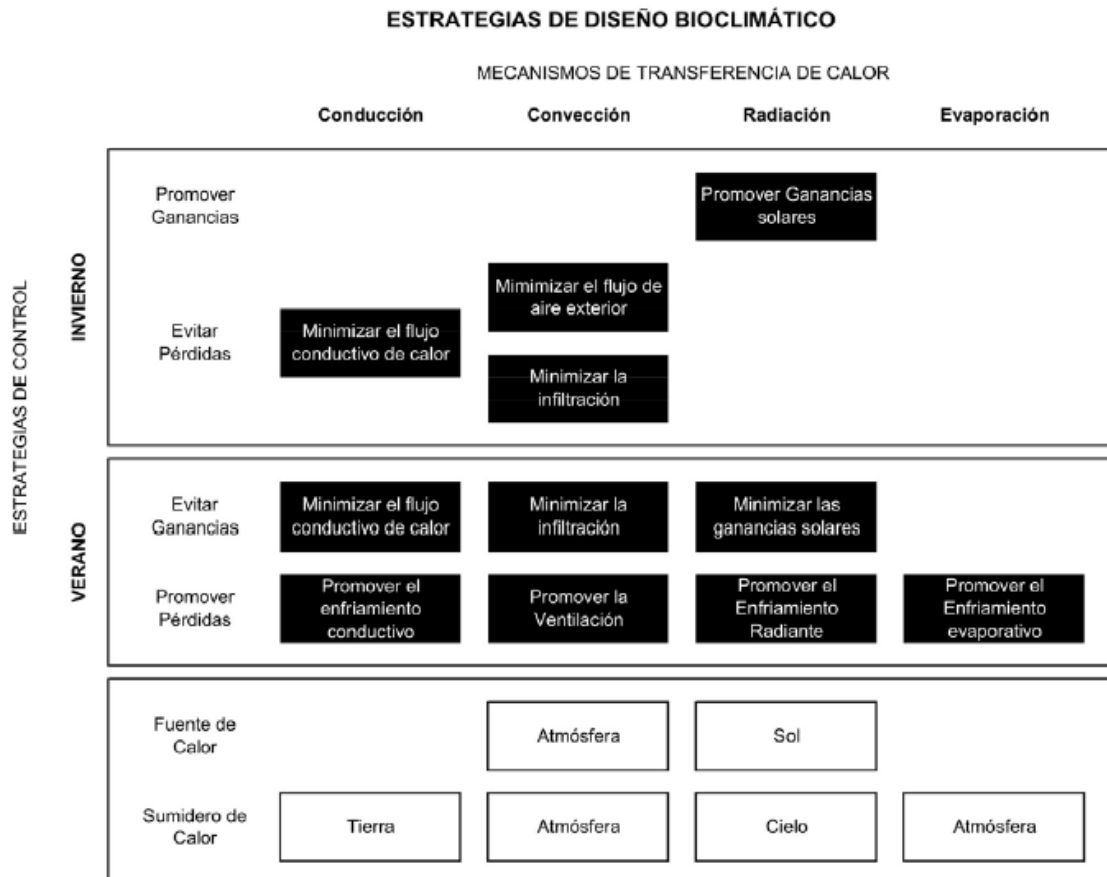


Fig. 10: Mecanismos de control de las estrategias bioclimáticas (2001)

7. El clima mediterráneo.

El clima es una parte importantísima en la arquitectura, ya que de él dependen muchas de las características de las que constará el edificio. Tanto el clima como el emplazamiento determinan en gran medida la parte estructural del edificio, pues ésta depende de las cargas por nieve, viento, los esfuerzos recibidos por sismo, etc. Todos ellos obtenidos según el emplazamiento, el entorno, y las condiciones climatológicas del lugar. También el diseño formal, si los huecos serán más grandes o más reducidos según la cantidad de sol y las horas de exposición que tenga por ejemplo. La parte funcional, a la hora de determinar si la mayoría de la actividad se realizará en el exterior o en el interior. Si se dotará de zona verde, jardín, terraza, etc. O si todo el espacio se le adjudicará al interior del edificio. (Serra, R., 2009)

Como es evidente, el clima es fundamental en el bioclimatismo. El uso de las distintas estrategias bioclimáticas dependerá de la situación climatológica del edificio, y de cómo se deba responder a ésta.

No es lo mismo enfrentarse al calor en un clima desértico, donde la humedad en el ambiente es escasa, o en un clima que muestre una gran cantidad de humedad. Ni tampoco se puede utilizar las mismas estrategias para calentar una vivienda en un clima tropical donde sean constantes las tormentas intermitentes, o en Londres, donde el cielo se encuentra nublado de continuo, que en un clima donde apenas llueva.

Para que se entienda la importancia del clima, pondremos el ejemplo de las llamadas Passivhaus. Éstas combinan estrategias bioclimáticas entre las que predominan el uso correcto del soleamiento y un buen aislamiento térmico, para evitar pérdidas de calor, además de una gran eficiencia energética. Pues bien, el ahorro energético de una Passivhaus en Alemania (Clima templado oceánico) está en un 80% prácticamente, mientras que en España (Clima Mediterráneo) se encuentra en un 60%. Este es un claro ejemplo de cómo el tipo de clima influye en el microclima de la vivienda. (Serrano, P., 2017)

El clima por tanto es el factor más importante en la vivienda bioclimática, ya que dependemos y partimos de él y de todas sus variables para alcanzar el objetivo final de un edificio bioclimático que, como se ha mencionado previamente, es el confort higrotérmico.

Se opta por este clima por varias razones; por ser donde se encuentra la mayor parte de la Comunidad Valenciana, y gran parte de la costa Española además de las Islas Baleares. Y por ser un clima que alberga muchas culturas diferentes, por tanto distintas maneras posibles de tratar y ver la arquitectura bioclimática.

“El clima mediterráneo se considera como el más benefactor para el hombre de cuantos existen en el mundo. De hecho las cinco grandes áreas del globo que presentan este clima (California, Sudáfrica, litoral de Chile, franja meridional de Australia y Nueva Zelanda y la propia cuenca mediterránea) concentran gran parte de la población y de la actividad económica mundial” (UICNMED-DOM, 2001).

7.1. ¿Qué se considera clima mediterráneo?

A continuación se aportan dos mapas climáticos de dos fuentes distintas con tal de localizar las distintas zonas en las que predomina el clima mediterráneo.

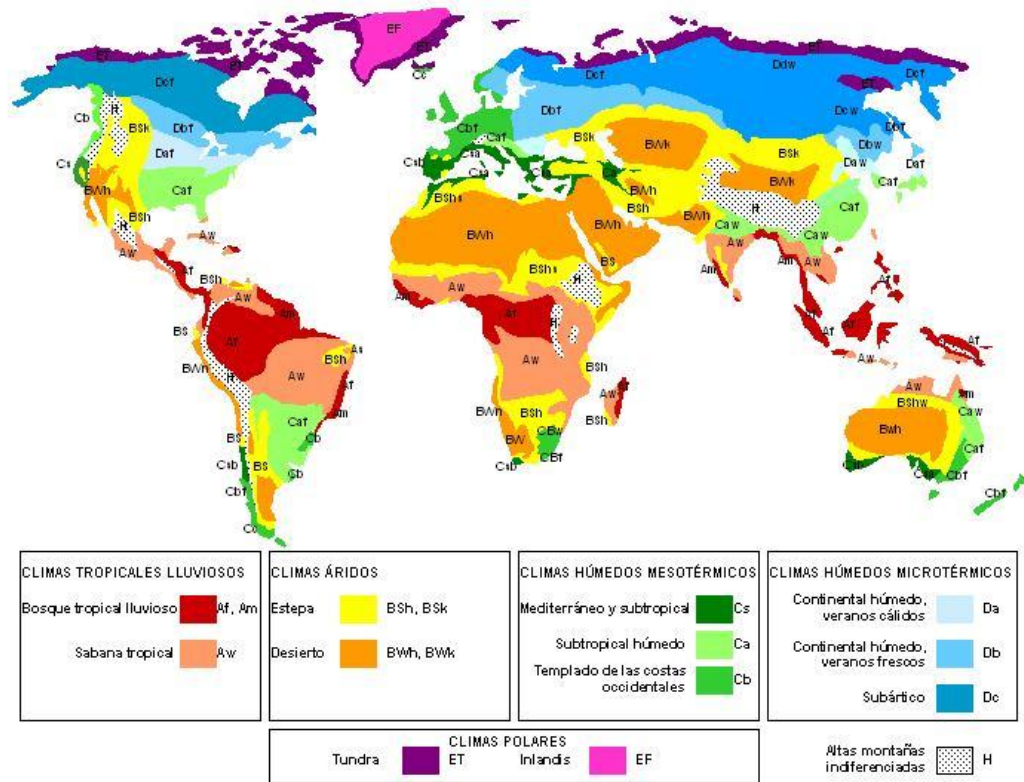


Fig. 11: Los climas de la tierra (2012)

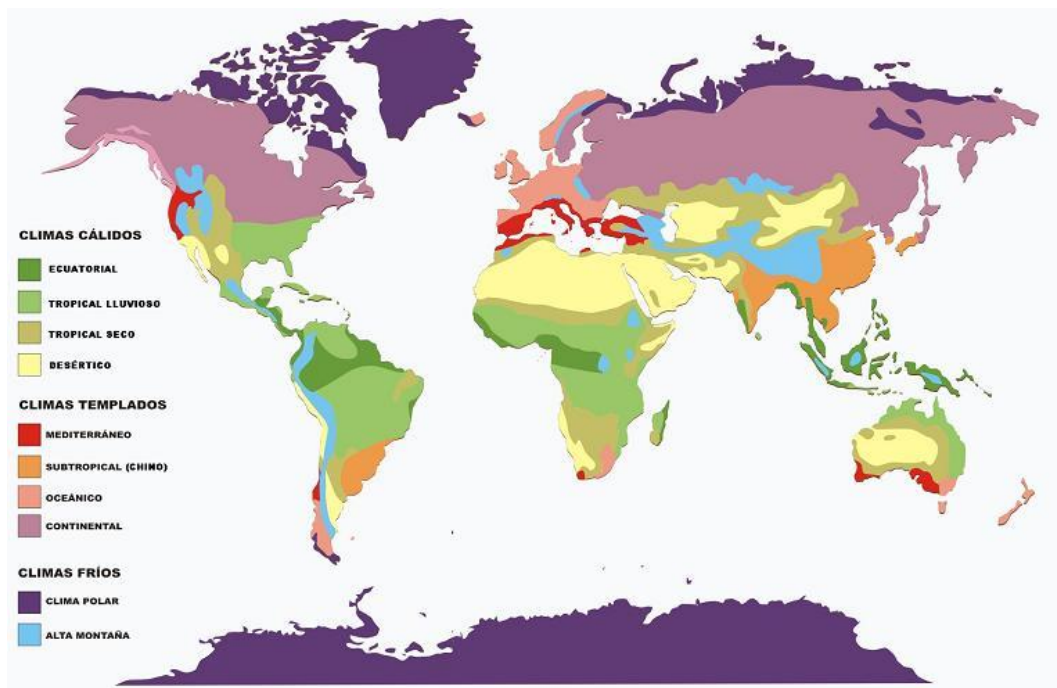


Fig. 12: El clima mediterráneo (2012)

Como se puede observar, el clima mediterráneo se puede encontrar en las áreas costeras que rodean el Mar Mediterráneo, (en España, Francia Italia, Grecia, Turquía, Marruecos, Argelia, Libia, Túnez, Siria, Croacia, Albania), en una pequeña porción del sud este de Sudáfrica, la

parte de Estados Unidos que corresponde a California, el área central de Chile, y por último dos secciones del sur de Australia.

Por supuesto estos esquemas simplemente tratan de clasificar de forma global, sin una excelente precisión. Si profundizamos más en cada zona encontraremos variantes en el clima, generalmente marcadas por causas naturales del terreno como pueden ser las áreas montañosas, los lagos, los ríos, etc. Que varían el microclima de la zona. Por ejemplo, en España, al ampliar nos encontramos con las siguientes situaciones climáticas:



Fig. 13: Climas en España (2018)

Los climas no son algo exacto, ni siquiera dentro de un mismo tipo de clima las cartas climatológicas se presentan de igual forma. Cada región muestra unas características que ni siquiera se mantienen de un año a otro. El clima es algo que podemos pronosticar, pero impredecible pese a ello. Es por ello que se generalizará a la hora de determinar una climatología mediterránea, simplemente marcando algunas pautas que se suelen repetir, y basándose en medias aritméticas de las zonas que constan de éste clima.

Las características más comunes del clima mediterráneo son por tanto las siguientes. Se trata de un clima templado. Por ello, se caracteriza por disponer de **inviernos templados y veranos calurosos**. Los inviernos son lluviosos en comparación con los veranos que son secos. El otoño y la primavera suelen ser estaciones más variables en cuanto a temperatura y precipitaciones, es decir, más impredecibles. *“En el clima mediterráneo típico las mayores precipitaciones se producen en los equinoccios.”* (Serrano, P., 2017). La temperatura media anual se sitúa alrededor de los 20°C, descendiendo por debajo de los 18°C. En verano se superan los 22°C e incluso los 30°C mientras que en el invierno la temperatura mínima se sitúa en torno a los 8°C y por debajo. (Serrano, P., 2017)

En un clima como el mediterráneo que consta de veranos calurosos y en el cual, durante una buena parte del año, la temperatura permanece media-alta, la gran parte de las estrategias bioclimáticas que se llevarán a cabo estarán orientadas a **bloquear la radiación solar para limitar las ganancias solares** que puedan propiciar el aumento de la temperatura interior. Para ello se utilizará protecciones solares, inercia térmica que se complementa con ventilación nocturna o acristalamientos de protección solar. Sin embargo, no hay que olvidar los meses que presentan una temperatura inferior. En este último caso las estrategias utilizadas estarán encaminadas sobre todo a **reducir las pérdidas energéticas y aprovechar la calefacción gratuita**, con tal de reducir la demanda energética de calefacción. (Serrano, P., 2017)

Aquí se puede ver el ejemplo de un climograma de Valencia, más adelante se comprobará como las zonas escogidas en los proyectos a analizar muestran una tipología climática muy similar a esta.

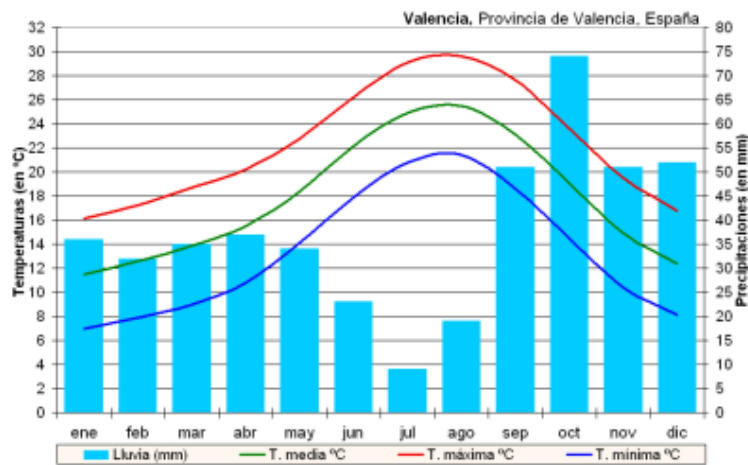


Fig. 14: El clima Mediterráneo (2012)

Como se puede observar, las temperaturas son templadas en el invierno, y elevadas en el verano. También se observa la escasez de lluvia durante el verano que se ha mencionado con anterioridad, y que propicia una mayor probabilidad de incendios. (Serrano, P., 2017)

En el siguiente apartado se describirán brevemente los emplazamientos elegidos de los proyectos a analizar y las características de los climas de cada uno de ellos.

7.2. Elección de emplazamientos.

Como se ha mencionado ya, se ha optado por el clima mediterráneo para todos los proyectos escogidos, para darle una cohesión al análisis, y debido a que la investigación es sobre la arquitectura bioclimática mediterránea. Pese a ello se ha optado por emplazamientos que se encuentren en diferentes partes del mundo, y que constan de distintas culturas, para que pese a contar con el mismo clima, se vean las diferentes formas de abordar el bioclimatismo según los distintos puntos de vista.

7.2.1. Emplazamiento 1:

El primer emplazamiento es en España, en Sa Cabaneta, Mallorca (Islas Baleares). El clima aquí es suave, y generalmente cálido y templado. En invierno hay en Sa Cabaneta mucho más lluvia que en verano. De acuerdo con Köppen y Geiger clima se clasifica como Csa. La temperatura media anual en Sa Cabaneta se encuentra a 16.2 °C. Precipitaciones aquí promedios 515 mm. Sus climogramas son los expuestos a continuación. (CLIMATE-DATA, 2018)

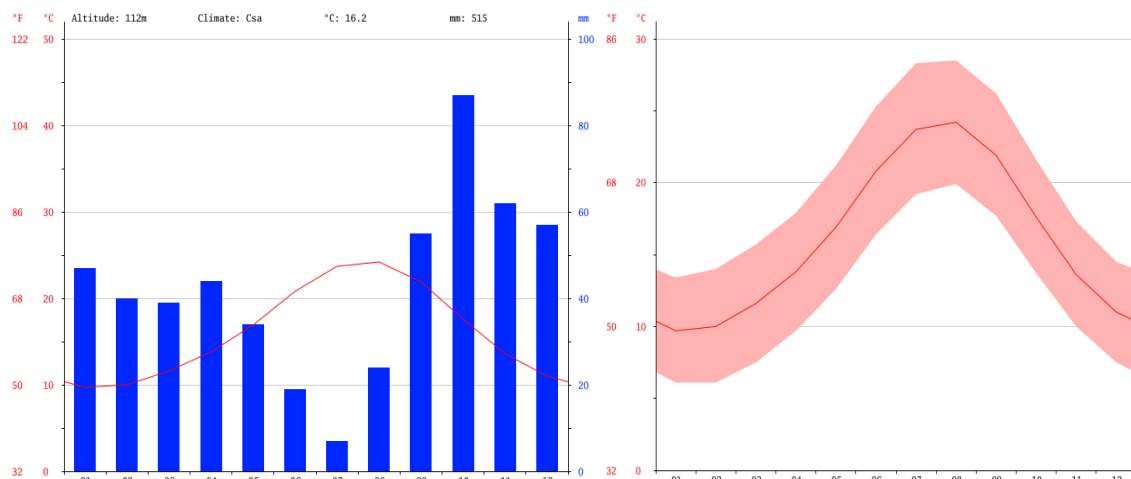


Fig. 15a: Climograma Sa Cabaneta, Islas Baleares, España (2018)

Fig. 15b: Climograma Sa Cabaneta, Islas Baleares, España (2018)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	9.7	10	11.6	13.8	16.9	20.8	23.7	24.2	21.9	17.6	13.6	11
Temperatura min. (°C)	6.1	6.1	7.5	9.7	12.6	16.4	19.2	19.9	17.7	13.7	10	7.5
Temperatura máx. (°C)	13.4	14	15.7	17.9	21.2	25.3	28.3	28.5	26.2	21.6	17.3	14.5
Temperatura media (°F)	49.5	50.0	52.9	56.8	62.4	69.4	74.7	75.6	71.4	63.7	56.5	51.8
Temperatura min. (°F)	43.0	43.0	45.5	49.5	54.7	61.5	66.6	67.8	63.9	56.7	50.0	45.5
Temperatura máx. (°F)	56.1	57.2	60.3	64.2	70.2	77.5	82.9	83.3	79.2	70.9	63.1	58.1
Precipitación (mm)	47	40	39	44	34	19	7	24	55	87	62	57

Fig. 15c: Climograma Sa Cabaneta, Islas Baleares, España (2018)

7.2.2. Emplazamiento 2:

El segundo emplazamiento es Santa Mónica, California, Estados Unidos. El clima en Santa Monica es cálido y templado. Los meses de invierno son mucho más lluviosos que los meses de verano. La clasificación del clima de Köppen-Geiger es Csc. La temperatura media en Santa Monica es de 17.3 °C. Hay precipitaciones de una media de 355 mm. El clima para este lugar es el siguiente. (CLIMATE-DATA, 2018)

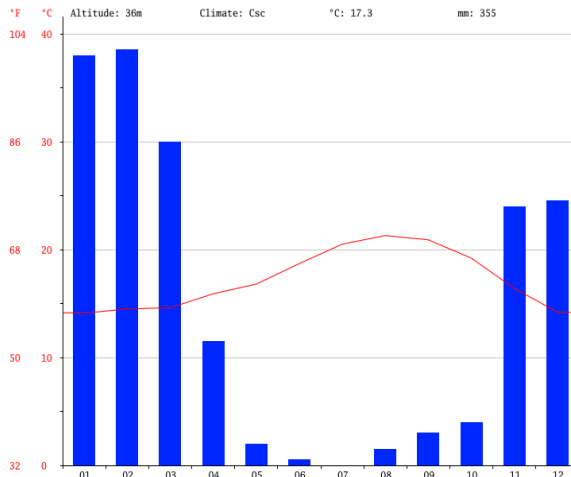


Fig. 16a: Climograma Santa Mónica, California, EEUU (2018)

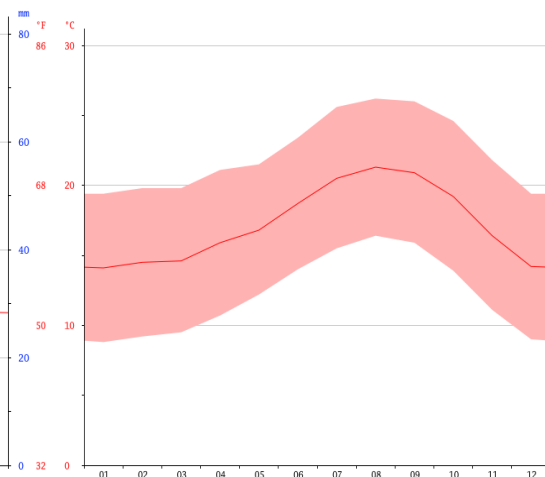


Fig. 16b: Climograma Santa Mónica, California, EEUU (2018)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	14.1	14.5	14.6	15.9	16.8	18.7	20.5	21.3	20.9	19.2	16.4	14.2
Temperatura min. (°C)	8.8	9.2	9.5	10.7	12.2	14	15.5	16.4	15.9	13.9	11.1	9
Temperatura máx. (°C)	19.4	19.8	19.8	21.1	21.5	23.4	25.6	26.2	26	24.6	21.8	19.4
Temperatura media (°F)	57.4	58.1	58.3	60.6	62.2	65.7	68.9	70.3	69.6	66.6	61.5	57.6
Temperatura min. (°F)	47.8	48.6	49.1	51.3	54.0	57.2	59.9	61.5	60.6	57.0	52.0	48.2
Temperatura máx. (°F)	66.9	67.6	67.6	70.0	70.7	74.1	78.1	79.2	78.8	76.3	71.2	66.9
Precipitación (mm)	76	77	60	23	4	1	0	3	6	8	48	49

Fig. 16c: Climograma Santa Mónica, California, EEUU (2018)

7.2.3. Emplazamiento 3:

El tercer emplazamiento es Johanna Beach, en el sur de Australia. No se ha encontrado el climograma correspondiente al punto en cuestión, así que se aporta el climograma de Lorne, que es una región próxima a Johanna Beach. Como se puede ver, al situarse en el hemisferio sur, el verano y el invierno son opuestos a los del hemisferio norte.

El clima de Lorne es cálido y templado. Se trata de una ciudad con precipitaciones significativas. Incluso en el mes más seco hay mucha lluvia. El clima aquí se clasifica como Cfb por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura media es de 13.9 ° C. La precipitación media aproximada es de 749 mm. (CLIMATE-DATA, 2018)

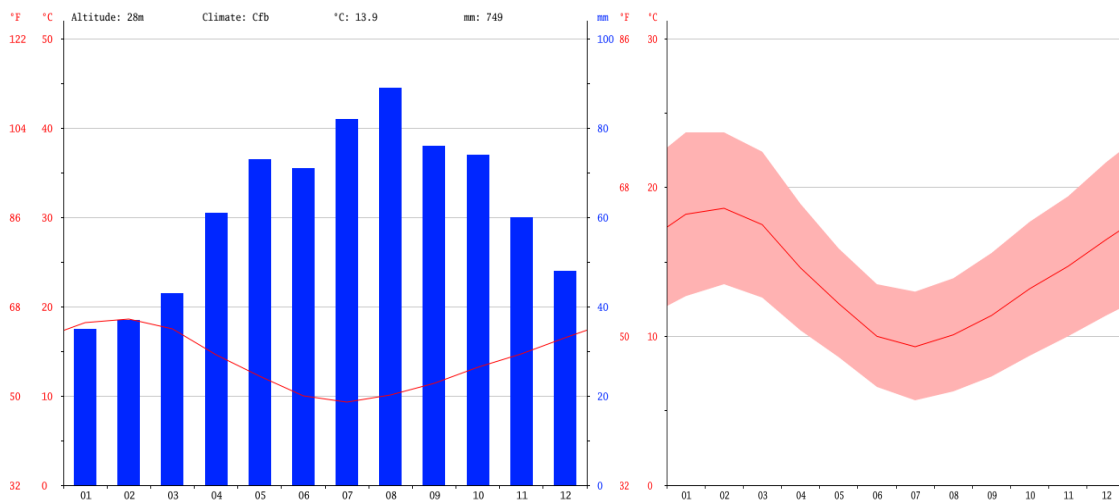


Fig. 17a: Climograma Lorne, Australia (2018)

Fig. 17b: Climograma Lorne, Australia (2018)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	18.2	18.6	17.5	14.6	12.2	10	9.3	10.1	11.4	13.2	14.7	16.5
Temperatura min. (°C)	12.7	13.5	12.6	10.4	8.6	6.6	5.7	6.3	7.3	8.7	10	11.4
Temperatura máx. (°C)	23.7	23.7	22.4	18.9	15.9	13.5	13	13.9	15.6	17.7	19.4	21.7
Temperatura media (°F)	64.8	65.5	63.5	58.3	54.0	50.0	48.7	50.2	52.5	55.8	58.5	61.7
Temperatura min. (°F)	54.9	56.3	54.7	50.7	47.5	43.9	42.3	43.3	45.1	47.7	50.0	52.5
Temperatura máx. (°F)	74.7	74.7	72.3	66.0	60.6	56.3	55.4	57.0	60.1	63.9	66.9	71.1
Precipitación (mm)	35	37	43	61	73	71	82	89	76	74	60	48

Fig. 17c: Climograma Lorne, Australia (2018)

7.2.4. Emplazamiento 4:

Por último, La isla de Sedis Adasi en Turquía. No hay datos exactos de la zona en cuestión, por lo que se aportan datos de Marmaris, que es una ciudad cercana de similares características climáticas.

El clima de Marmaris se clasifica como cálido y templado. Hay más precipitaciones en invierno que en verano. De acuerdo con Köppen y Geiger, el clima se clasifica como Csa. (CLIMATE-DATA, 2018)

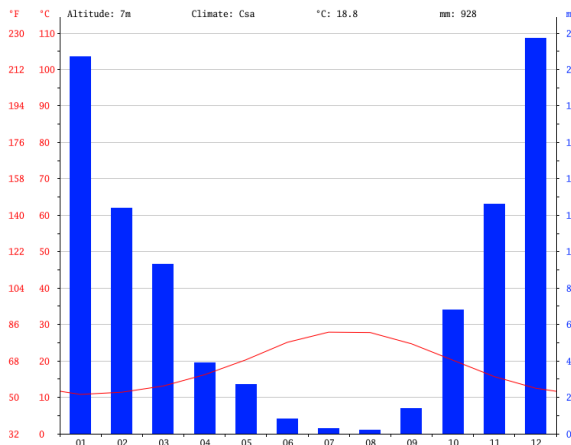


Fig. 18a: Climograma Marmaris, Turquía (2018)

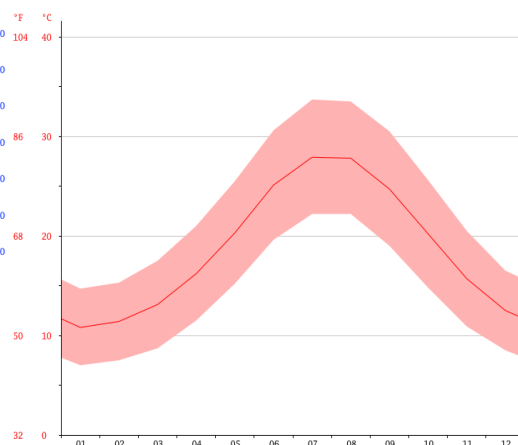


Fig. 18b: Climograma Marmaris, Turquía (2018)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	10.8	11.4	13.1	16.2	20.3	25.1	27.9	27.8	24.7	20.2	15.7	12.5
Temperatura mín. (°C)	7	7.5	8.7	11.5	15.2	19.6	22.2	22.2	19	14.8	10.9	8.5
Temperatura máx. (°C)	14.7	15.3	17.5	21	25.5	30.6	33.7	33.5	30.5	25.6	20.5	16.5
Temperatura media (°F)	51.4	52.5	55.6	61.2	68.5	77.2	82.2	82.0	76.5	68.4	60.3	54.5
Temperatura mín. (°F)	44.6	45.5	47.7	52.7	59.4	67.3	72.0	72.0	66.2	58.6	51.6	47.3
Temperatura máx. (°F)	58.5	59.5	63.5	69.8	77.9	87.1	92.7	92.3	86.9	78.1	68.9	61.7
Precipitación (mm)	207	124	93	39	27	8	3	2	14	68	126	217

Fig. 18c: Climograma Marmaris, Turquía (2018)

8. Análisis de las obras.

8.1. Casa PI / Munarq arquitectes.

8.1.1. Ficha del proyecto.

Arquitectos: Munarq arquitectes

Ubicación: Sa Cabaneta, España

Área: 215.35 m²

Año Proyecto: 2016

8.1.2. Análisis de la obra.



Fig. 19: Casa PI / Munarq arquitectes (2017)

Se trata de una vivienda para una pareja ubicada en Sa Cabaneta, un pueblo de tradición alfarera en el interior de Mallorca, España. La vivienda nace a partir de tres requisitos fundamentales para los clientes. Éstos querían una casa que tuviera la mínima emisión de carbono, que pese a ello gozara de comodidad y que fuese construida con materiales naturales. Como resultado queda proyecto bioclimático, que funciona con una gran eficiencia, debido a su bajo consumo energético. (Font, P., 2017)

La morfología de la vivienda trata de responder a varios aspectos: Barrera acústica, arquitectura tradicional mediterránea, la creación de patios y el uso de materiales ecológicos de bajo impacto.

El arquitecto cree que es esencial la creación de una barrera acústica para reducir el impacto de la vía próxima a la vivienda. Por ello, la fachada se muestra cerrada a esta orientación, y se abre por completo al sur, que como se ha dicho en los puntos anteriores, se considera la orientación más

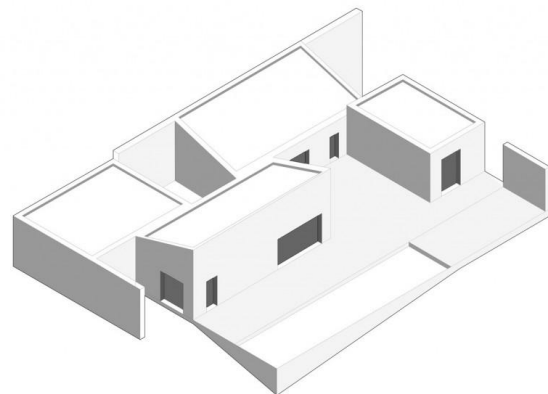


Fig. 20: Casa PI / Munarq arquitectes (2017)

favorable para diseñar una vivienda bioclimática, ya que desde ella, podemos controlar la radiación solar.

La creación de patios proporciona a la vivienda una cierta intimidad, con barreras acústicas y visuales para la vida exterior.

La casa consta de elementos típicos de la arquitectura mediterránea como son los muros portantes, aperturas de pequeña escala, orientadas al sur, revestimiento de mortero de cal (que le proporciona el color blanco tan repetido en esta arquitectura), muros de piedra, y cubiertas tanto planas como inclinadas de teja árabe.

Y por último el uso de materiales ecológicos, de bajo impacto, como son los muros de bloque cerámico y aislamiento de madera, en lugar de cemento portland y aislamientos artificiales. Además el uso de piedras locales, lo que reducen el coste de desplazamiento y el gasto energético invertido en éste.



Fig. 21: Casa PI / Munarq arquitectes (2017)



Fig. 22: Casa PI / Munarq arquitectes (2017)

“En este tipo de zonas, la vida al aire libre es muy común, por lo cual, es necesario contar con instancias intermedias entre el interior y el exterior. Disfrutar de la vida al aire libre, preservando el carácter intimista.”

(Font, P., 2017)



Fig. 23: Casa PI / Munarq arquitectes (2017) – Vista aérea

En lo que al diseño bioclimático respecta, el edificio parte de la base de construir con unos sólidos muros portantes que constan de **pequeñas aberturas** para controlar el clima y la iluminación. Además, los revestimientos se colocan según los vientos, de esta manera se consigue un mejor funcionamiento climático y una mejor respuesta a la erosión. La **creación de patios** para crear y controlar las entradas y salidas de aire fresco y caliente en la vivienda. Todo esto, junto con su potente aislamiento creado a partir de corcho natural, que le proporciona una buena **inercia térmica**, son algunas de las estrategias que hacen a este edificio bioclimático.



Fig. 24: Casa PI (2013) – Planta Baja

Como se puede observar en el plano, los patios no solo crean espacios exteriores de carácter privado, sino que también sirven en su función de crear sombras. Las estancias dan al Sur y Este generalmente, y se componen de grandes huecos en el Sur, controlados por **protecciones solares indirectas** (estrategia definida en el punto 1.3.2.), tales como una pérgola, que pese a desaparecer en las fotos actuales, forma parte del diseño original del proyecto, y también mediante contraventanas. Estos elementos se utilizan según las necesidades de la vivienda en cada momento y según la posición del sol.



Fig. 25: Casa PI (2013) – Infografía original

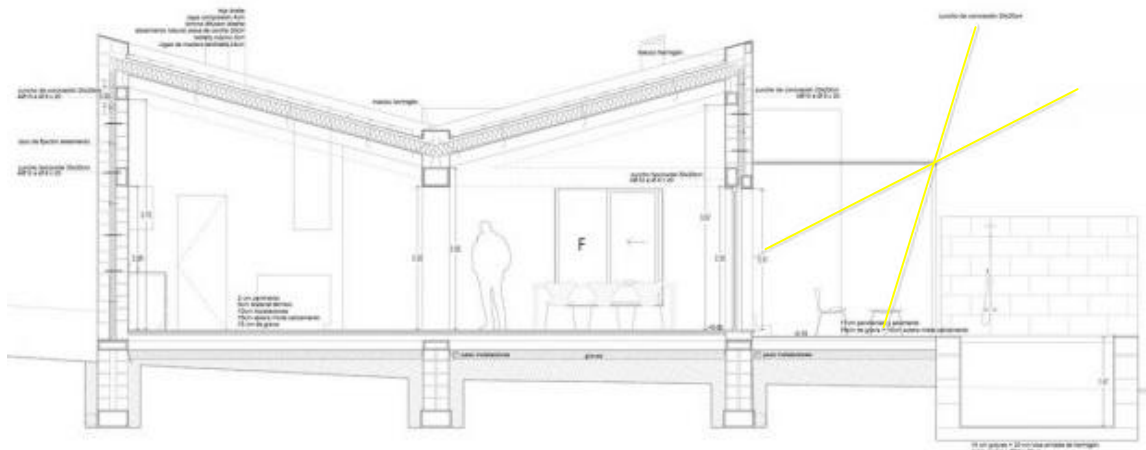


Fig. 26: Casa PI, Sa Cabaneta, arquitectura responsable, con un toque mediterráneo (2017) – Sección transversal

En la sección se pueden apreciar varias cosas. Primero la influencia de los protectores solares indirectos. En el plano se pueden apreciar como inciden de diferente forma los rayos de sol en invierno y en verano. Mediante el uso de la pérgola se consigue que el sol no entre a la vivienda en el verano, para evitar la ganancia de calor, pero sin embargo sí que permite el paso de éste durante el invierno, cuando es necesario almacenar el calor. Cabe añadir, que con un pequeño voladizo o con una pérgola de menor longitud, se podría lograr una mayor acumulación de calor en invierno, ya que la radiación solo se consigue en la mitad del ventanal. Esto no es casualidad, pues el arquitecto quería generar sombra no solo en el interior, sino en las zonas exteriores también debido su importancia en el proyecto.

Otra de las cosas que nos muestra esta sección es la gran inercia térmica que posee el edificio. Esto es debido al gran aislamiento que posee el edificio, junto con el grosor de los muros portantes. De esta forma logra un correcto almacenamiento tanto de calor como de fresco, tal y como se explica en el punto 1.3.3.

También se aprecia el uso de la **diferencia de alturas** que se crean mediante las cubiertas inclinadas, esto hace que el calor ascienda a la parte más alta por **convección natural** en verano, y pueda ser expulsado a través de las claraboyas que se observan en el plano. De esta forma la parte más baja donde se encuentra la actividad permanece a una temperatura confortable.

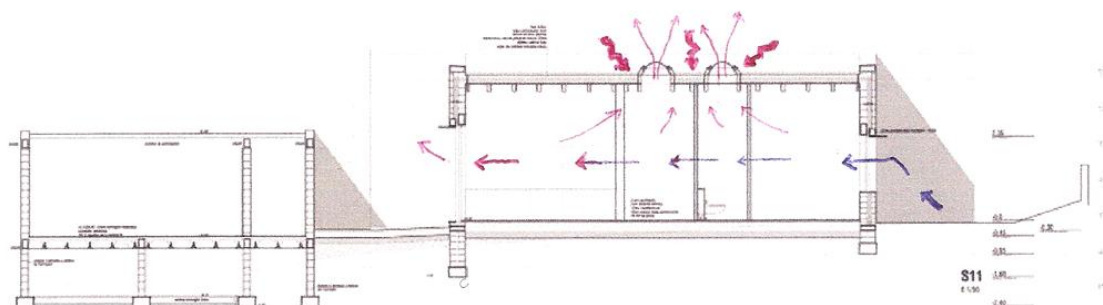


Fig. 27: Casa PI (2013) – Sección longitudinal de la vivienda con anotaciones

8.2. Beitcher Residence / W3 Architects.

8.2.1. Ficha del proyecto.

Arquitectos: W3 Architects

Ubicación: Santa Mónica, CA, USA

Área: 386 m² + 50 m² (Garaje)

Año Proyecto: 2007

8.2.2. Análisis de la obra.



Fig. 28: Beitcher Residence (2012)

La Beitcher Residence es considerada un moderno escaparate de la arquitectura diseñada de forma sostenible. No solo se comporta de forma bioclimática, sino que también se muestra como un ejemplo ecológico al utilizar materiales reciclables para el proceso de construcción.

Las características generales más importantes de la vivienda son por tanto: su **diseño solar pasivo**, su tecnología avanzada de **térmica solar y eléctrica solar**, y por último la gran cantidad de **materiales ecológicos**. (Minguet, J. M., 2012)



Fig. 29a: Beitcher Residence (2012)



Fig. 29b: Beitcher Residence (2012)

Se comenzará el análisis por la orientación, que es un punto clave en el diseño de esta vivienda. Las ordenanzas en Santa Mónica son muy estrictas, pero permiten una elevación de una planta más en la zona Norte, y la extensión de ésta hacia la parte Oeste. Puesto que el deseo del arquitecto era optimizar al máximo la orientación solar desde el Sur, éste utilizó la situación para aprovechar al máximo la fachada Sur.

“Tanto los clientes como el equipo de W3 Architects actuaron en conjunto para tratar de optimizar los ajustes específicos del solar y de las normativas, maximizando de este modo la obtención de espacio abierto en la parcela, llegando a conseguir (construir en) el 64% del solar”

(Minguet, J. M., 2012)

Se sitúa pues el edificio en la parte norte de la parcela, y se acondiciona el espacio en la parte sur como espacio exterior con terraza y piscina. De esta forma no solo son capaces de aprovechar la radiación solar, sino que también apartan esta zona exterior del tráfico rodado, dotándola de privacidad y proporcionándole luz natural. Como resultado queda un edificio de dos plantas con la orientación que se marca en la Fig. 30, donde además se puede ver la aportación solar tanto en verano como en invierno, es decir, el **asoleamiento** al que se expone la vivienda.

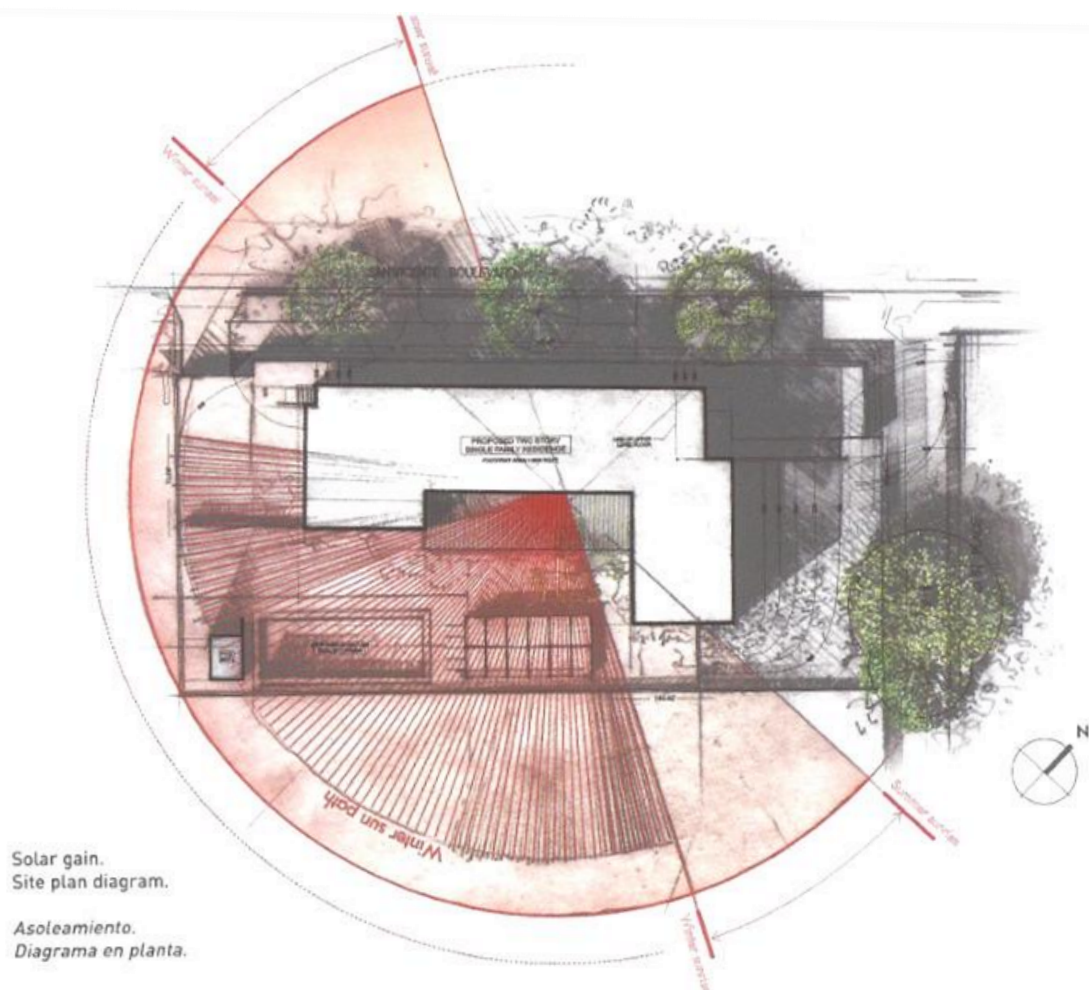


Fig. 30: Beitcher Residence (2012) - Asoleamiento



Fig. 31: Beitcher Residence (2012) – Planta Baja (arriba) y Planta 1ª (abajo)

El programa recoge un espacio común en planta baja donde se encuentra la zona de día, que conecta salón y cocina con la terraza exterior. Mientras que las zonas de noche como pueden ser las habitaciones, y una sala polivalente que sirve tanto de sala de juegos para los niños, como de despacho (Habitación número 7) se encuentran en la planta primera, repartidas alrededor de un área de relación que contiene una doble altura que conecta ambas plantas.

Como se ha dicho con anterioridad, el edificio muestra un alto nivel de sostenibilidad. Para que un edificio se considere sostenible no basta con utilizar materiales llamados verdes simplemente por no ser artificiales como el hormigón por ejemplo. Es decir, no todas las maderas son sostenibles, ni los elementos reciclados tienen por qué serlo.

En ocasiones conseguir modelar un tipo de madera al gusto del arquitecto, o del proyecto conlleva grandes gastos de energía. Además este material puede requerir de un gran mantenimiento posterior a su puesta en obra. Es por ello, que para que un material se considere sostenible, debe de ser fácil de conseguir (que no suponga un gran gasto de energía su extracción), fácil de manipular, duradero, y si es posible ser reutilizable o reciclable.

Por esta razón la Beitcher Residence es considerada sostenible, pues los materiales que se utilizan cumplen en gran parte estos requisitos.

Por ejemplo, el revestimiento exterior de la vivienda está realizado en paneles de Cedro Rojo con la certificación de FSC (Forest Stewardship Council), que es una organización no gubernamental que promueve el uso ambientalmente apropiado, socialmente benéfico y económicamente viable de los bosques de todo el mundo.

El techo de la planta principal es un contrachapado de bambú (sin formaldehído y de fácil reutilización.)

Y por último, el pavimento de la 1ª Planta es de contrachapado de madera de palma (de características similares al bambú. (Minguet, J. M., 2012)

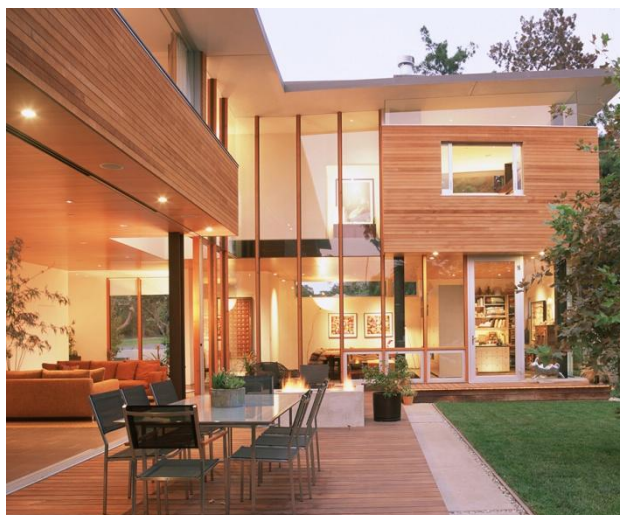


Fig. 32: Beitcher Residence (2012)

Entrando más directamente en temas de bioclimatismo, las estrategias utilizadas son las siguientes: Utilización de **muro Trombé**, calentamiento por **Suelo radiante solar** (placas solares) (1.3.1.), **Protecciones Solares directas horizontales**, **generación de sombra** el uso de **Convección natural**, y **ventilación cruzada** a través de **efecto chimenea**, y un **aislamiento e inercia térmica** muy buenos (1.3.2.).

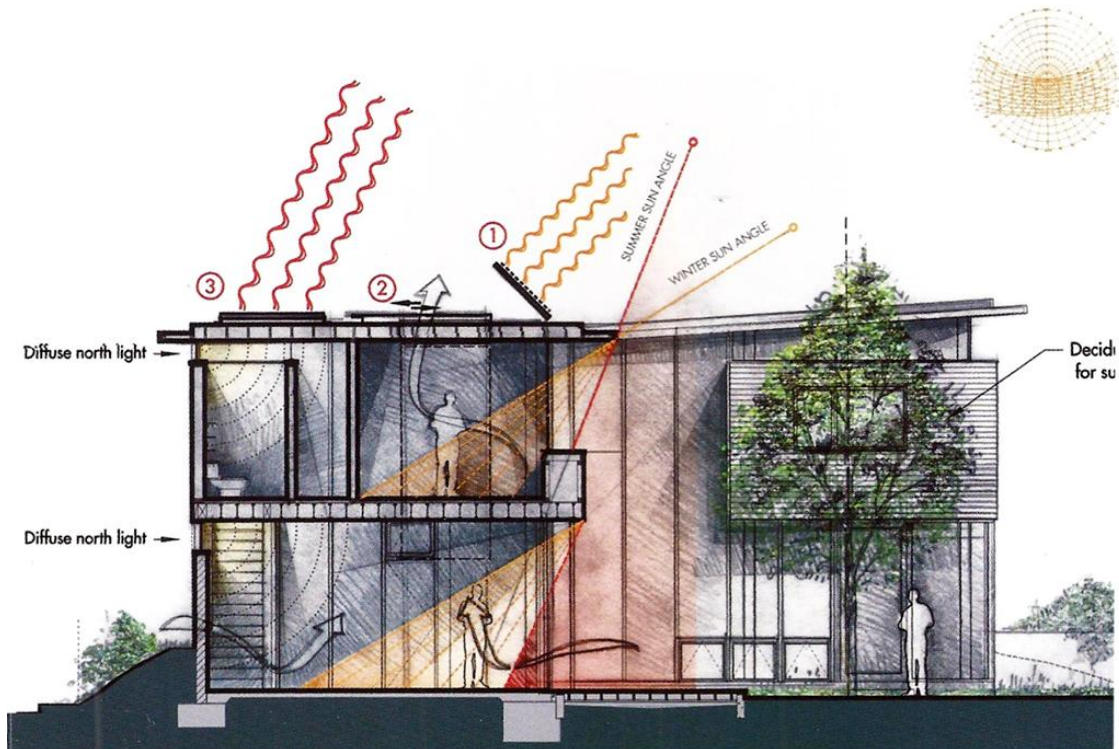


Fig. 33: Beitcher Residence (2012) – Sección transversal de uso de estrategias

La vivienda consta pues de un **muro Trombé** orientado al sur, que como se explica en el punto 1.3.1., se trata de un muro con materiales que acumulan el calor bajo el efecto de masa térmica, y que se ventila con el objetivo de que sirva como colector solar térmico.

Cuenta con la técnica de **suelo radiante solar** (Minguet, J. M., 2009), que se aprovecha de las placas solares para calentar el agua que calentará el suelo radiante, todo ello mediante el uso únicamente de la energía solar. Además la energía solar es también aprovechada como aporte energético verde a la vivienda. Por tanto, esta estrategia no solo hace a la vivienda bioclimática, también le aporta sostenibilidad.

La entrada de la luz solar a la vivienda dependiendo del ángulo de incidencia solar en invierno y verano están exquisitamente controlados mediante la cubierta volada y las aperturas del edificio, que se encuentran colocadas de forma estratégica en la envolvente del edificio. Mediante el uso de **Protecciones Solares directas horizontales**, se consigue pues aprovechar la radiación solar en invierno cuando es necesaria, y desprenderse de ella en el verano, donde lo que se pretende es obtener y almacenar fresco.

El edificio además **genera sombra** en la fachada norte que aprovecha para obtener aire fresco en verano. También la cubierta al presentarse algo elevada, genera más sombra de la que se tiene por defecto.

La **ventilación cruzada** impulsada por la **convección natural** es uno de los aspectos más trabajados en la casa. Para ello, se aprovechan las zonas de sombra de la vivienda (fachadas ubicadas al norte) y se permite el paso de aire fresco a través de unas entradas de aire situadas en la parte inferior de la fachada. De esta manera, tal y como se explica en las estrategias bioclimáticas para la generación de fresco, el aire fresco accede a la vivienda desde la parte inferior, mientras que el aire caliente tiende a ascender, y de esta manera se acumula en la zona superior, donde se abren ventanas para permitir la salida de éste.

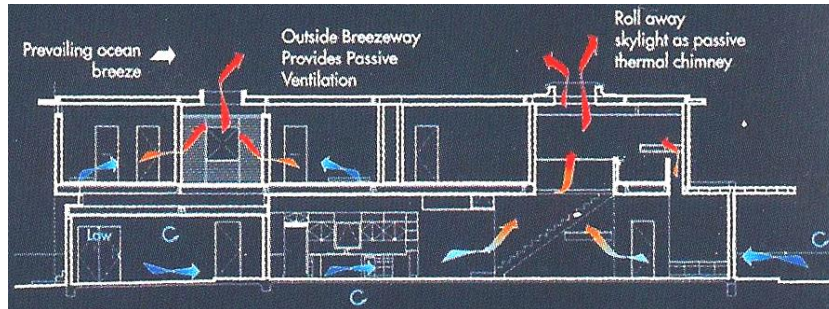


Fig. 34: Beitcher Residence (2012) – Sección esquema del flujo del aire

Como se puede apreciar en la axonometría tan explicativa que se ve en la Fig. 35, y en la sección de la Fig. 34, en este caso también se dota a la vivienda de un **efecto chimenea** donde se potencia esta ventilación cruzada calentando la parte superior de la vivienda mucho (la parte de la cubierta), para dirigir el aire caliente a esta zona, y posteriormente extraerlo a través de las claraboyas situadas en ésta.

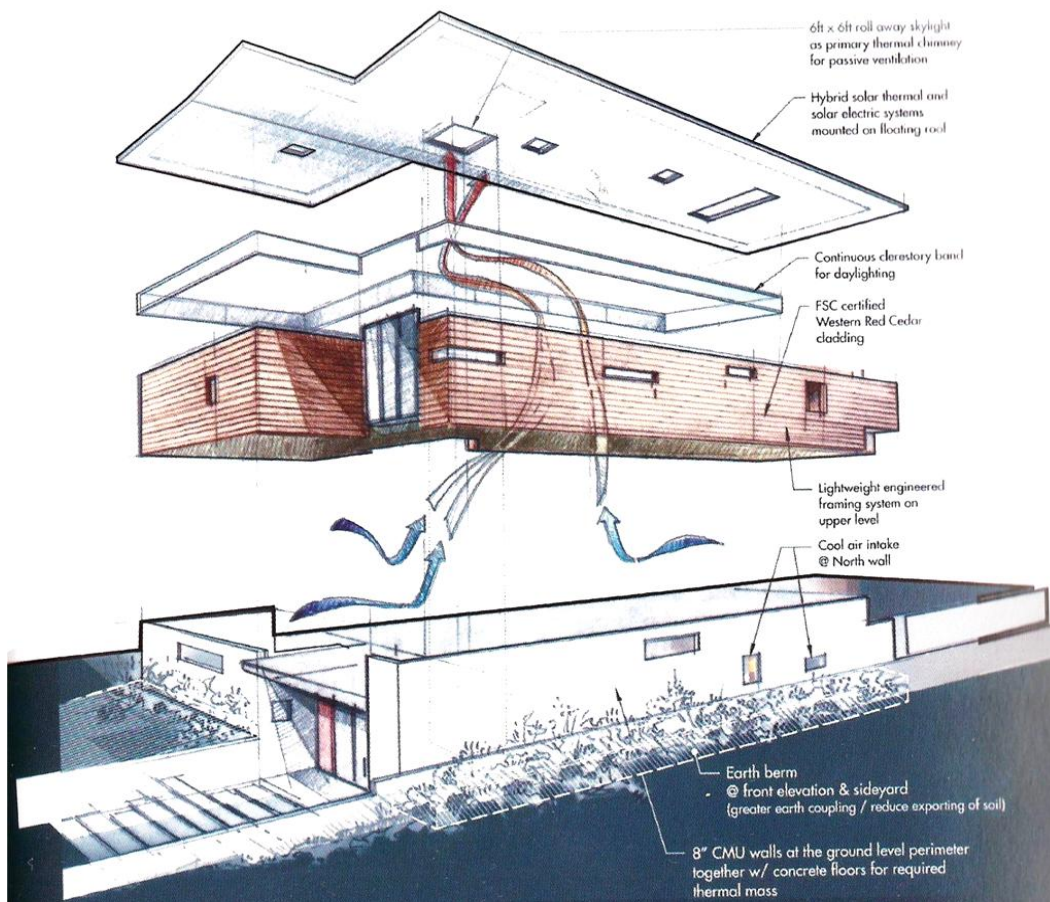


Fig. 35: Beitcher Residence (2012) – Cónica esquema del flujo del aire

Por último, el edificio consta de un gran aislamiento y una muy buena inercia térmica que le permiten utilizar el calor como sea requerido en cada momento, y reducir las pérdidas involuntarias, además de protegerse de las ganancias en las épocas del año en el que se quiera prescindir de ellas.



Fig. 36: Beitcher Residence (2012)

8.3. Johanna House / Nicholas Burns.

8.3.1. Ficha del proyecto.

Arquitectos: Nicholas Burns Associates

Ubicación: Johanna Beach, Victoria, Australia

Área: N/D

Año Proyecto: 2007

8.3.2. Análisis de la obra.



Fig. 37: Rotten Point House - Johanna Beach (2018)

En esta vivienda se combina la ocultación, con la relación directa e integración en el paisaje. Se crea un contraste muy claro de materiales ligeros y pesados, fácilmente apreciable en la fachada. Contracciones hacia el interior del edificio, y a la vez expansiones colonizando el espacio exterior. En conclusión un espacio que armoniza claramente con su entorno, y que genera paz y tranquilidad a quien se encuentra en la casa.

Básicamente es el cómo se actúa en el entorno, desde la parte más estructural, y funcional de la vivienda, hasta la forma de relacionarse con el clima que el emplazamiento presenta. Como resultado, una planta de apariencia sencilla, pero que lleva detrás una gran complejidad debido al premeditado proceso creativo.

El emplazamiento de la casa hizo que no fuese necesaria la tala de árboles, ya que se situó de forma estratégica en un montículo libre de vegetación, situado en una zona donde la fauna y la flora se encuentran protegidas.

Esto último, junto con alguno de los materiales utilizados (tierra compactada), es una clara prueba de que se trata de una arquitectura sensible, verde, y que busca la sostenibilidad.

“Nicholas Burns ha coreografiado la experiencia del acercamiento a la casa de manera perfecta. Un tranquilo corredor conformado por (...) tapias, casi en la penumbra, sugiere sin duda una sorpresa arquitectónica”

Minguet, J. M., (2009)

El pavimento de hormigón se funde hacia el interior de la casa, donde se encuentra una combinación de muros de tierra compactada y aperturas de vidrio que permite al usuario que se encuentre en la casa, gozar del impresionante entorno donde se encuentra la Johanna House.

El arquitecto se inspiró en Tadao Ando para algunas de las decisiones de la vivienda, tanto métricas, como visuales. Por ejemplo, los muros de tierra compacta albergan unas líneas situadas cada 60 centímetros que es una técnica de Tadao Ando basada en la métrica de los tatamis.

La estructura de la cubierta se basa en perfiles de acero y una trama de madera que se ata mediante grapas y se liga a la estructura principal del edificio, que está hecha con los muros portantes que se han descrito con anterioridad.

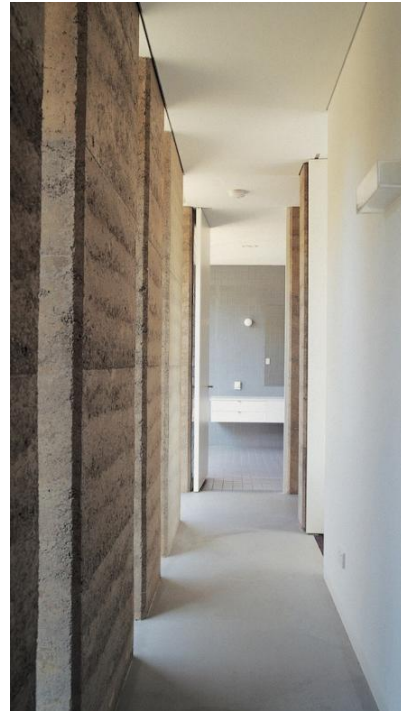


Fig. 38: Johanna House (2009)



Fig. 39: Johanna House (2009) – Imagen diurna desde el patio



Fig. 40: Johanna House (2009) – Imagen nocturna desde el patio



Fig. 41: Johanna House / Nicholas Burns (2009) – Interior de la vivienda

Cabe también destacar la sostenibilidad y autosuficiencia del edificio en algunos aspectos como por ejemplo; El agua de la lluvia se recoge y se almacena en tanques para su posterior uso como agua potable, como agua de uso sanitario, y también de uso contra incendios. Además el agua desechada se trata en la vivienda a través de un sistema aeróbico y biológico mediante un filtro compuesto por trincheras de arena, sin la necesidad de utilizar sustancias químicas o que requieran motor. Por supuesto los ya mencionados muros de tierra comprimida, que utilizan tierra de la zona, lo que reduce el gasto de creación y desplazamiento de los materiales, y que además no requiere de maderas, ni otros materiales que dependan de la tala de árboles, ni tampoco de la artificialidad que genera en muchas ocasiones la mano humana.

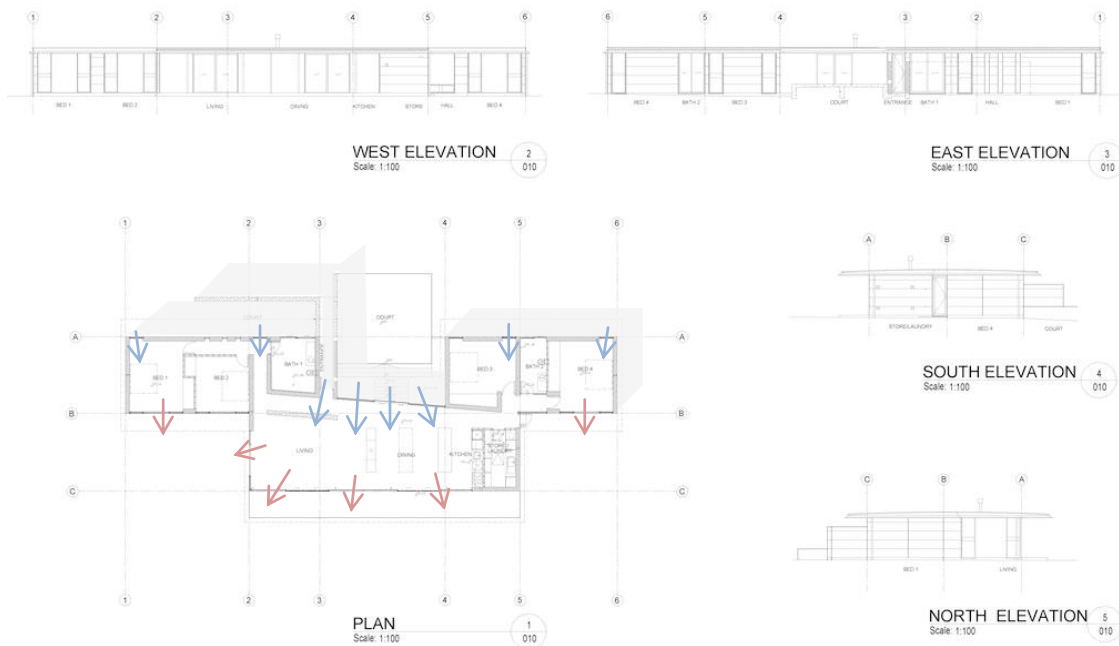


Fig. 42: Johanna House (2009) – Planos con anotaciones propias

Entrando en temas de índole bioclimáticos, el arquitecto de la Johanna House no comparte la estrategia básica de orientar la vivienda a la fachada sur con la intención de controlar el soleamiento mejor, y aprovechar el sol en invierno. Esto se debe a que la vivienda, debido a su **localización tan próxima al mar**, y en el clima de Johanna Beach, Victoria, Australia, no tiene la necesidad de almacenar tanto calor como las anteriores ubicaciones. Esto sucede porque al estar tan cerca de la costa, las temperaturas tienden a mantenerse más constantes, con una variación menor que en los lugares previos.

Es por estas razones que la vivienda consta de unas estrategias diferentes y más sencillas. De esta manera se observa que la arquitectura bioclimática no tiene por qué constar de extrañas soluciones constructivas, ni de numerosas estrategias, para un comportamiento climático adecuado.

El edificio pues funciona bien bioclimáticamente gracias a un principio básico que ya se menciona en el punto 1.3., y es que, el edificio debe poseer siempre una muy **buena inercia térmica**, con el objetivo de no perder el calor acumulado en invierno, y no recibir ganancias no deseadas en verano. Esa es la base ideológica del bioclimatismo de este edificio, que se construye con unos **muros gruesos de tierra**, que es un material que tiene una gran inercia térmica. Sin embargo el arquitecto debía de resolver bien tanto los encuentros muro – cristalera, para que no se generaran

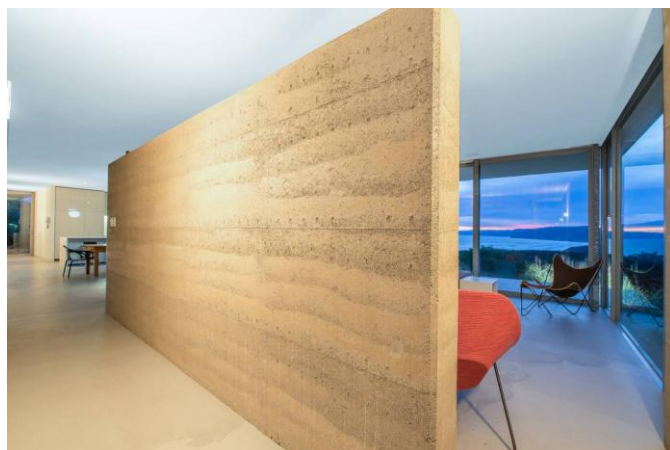


Fig. 43: Rotten Point House - Johanna Beach (2018)

puentes térmicos importantes, como las propias cristaleras, que debían de mantener ésta inercia térmica tan notable. Como es visible, la vivienda consta con grandes superficies vidriadas (por otra parte de forma casi necesaria, pues el entorno es digno de admirar, y por ello, el edificio debía abrirse lo máximo a él en la medida de lo posible). Para ello, se tomó la decisión de colocar unos **vidrios de un grosor mayor con unas láminas de baja emisión**. Esta característica viene bien tanto en invierno como en verano.



Fig. 44: Johanna House (2009)

Además de estas estrategias, el edificio consta de una buena **ventilación cruzada**, que utilizando las grandes cristaleras, y las zonas de sombra que se generan en las fachadas, permite el enfriamiento pasivo de la casa durante los meses de verano. Para el aporte de más sombra en las caras exteriores de la vivienda, se colocan además unos muros exteriores que proporcionan sombra y dividen el espacio de la terraza trasera, lo que supone un espacio más íntimo a la par que refrescante.

Los **grandes vuelos** de la cubierta, pese a estar situados en este y oeste, lo cual reduce altamente su eficiencia, también impiden parcialmente el paso de la radiación solar al interior de la vivienda.



Fig. 45: Rotten Point House - Johanna Beach (2018)

8.4. Eye of Horus Eco House / Luis de Garrido.

8.4.1. Ficha del proyecto.

Arquitectos: Luis de Garrido

Ubicación: Isla Sedir Adasi, Turquía

Área: 1.842,67 m²

Año Proyecto: 2012 (Aún no construido)

8.4.2. Análisis de la obra.



Fig. 46: Eye of Horus Eco-House (2012)

The Eye of Horus (El ojo de Horus) Eco-House ha sido escogido a parte de por su interesante ubicación, debido a la materialidad y diseño constructivo empleados. Se trata de una vivienda diseñada para la modelo Naomi Campbell, en la Isla de Sedir Adasi en Turquía, la cual fue adquirida en su totalidad por la actriz antes del diseño del proyecto. Se trata de un proyecto muy ambicioso, cuyos objetivos principales a cumplir eran muchos y muy complejos: Primero y principal, según el propio arquitecto, era *“realizar una vivienda modélica que sirva de referente arquitectónico para el nuevo paradigma en arquitectura sostenible”* (De Garrido, L., 2012).

El arquitecto también expone los siguientes objetivos: La vivienda debe de tener el máximo nivel **ecológico** que sea posible según el entorno. Debe comportarse también con el máximo nivel **bioclimático**. Se debe consumir la **mínima cantidad de energía** que sea posible. Se deben de generar las **menores emisiones y residuos posibles**. Debe de ser desmontable e industrializadas con el objetivo de que sea posible la extracción reparación y uso de sus componentes con tal de que se le pueda dar una **vida infinita** a la vivienda por lo que es **sostenible**. Por último, debe de ser

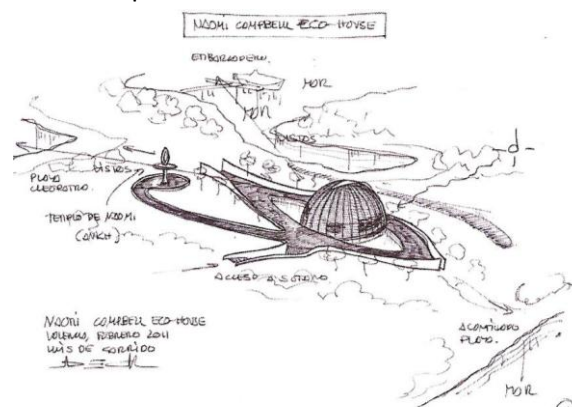


Fig. 47: Eye of Horus Eco-House (2014) – Boceto original del arquitecto.

completamente **autosuficiente** tanto en energía como en agua y si es posible, en alimentos (De Garrido, L., 2012).

Por otro lado, las viviendas deben de ser de ensueño, emocionar, y lograr la felicidad de sus habitantes, y de la gente que las contemple. Por ello deben estar inspiradas en el simbolismo personal de los propietarios. Debe conectar con ellos. Todo esto cumpliendo sus necesidades físicas, personales, sociales, funcionales, emocionales y espirituales. (De Garrido, L., 2012)

Es por ello que el resultado es una fusión entre el visible formalismo que aporta esta simbología de conexión con Naomi Campbell, y una muy buena solución de arquitectura ecológica, sostenible, bioclimática, y autosuficiente.



Fig. 48: Eye of Horus Eco-House (2012) – Volumetría de apreciación de las protecciones solares en la fachada

Como se ha mencionado previamente, se trata de una vivienda autosuficiente en agua, energía (con energía solar y geotérmica), e incluso alimentos, de una alta eficiencia energética, y mínimo consumo. Con un buen uso, puede lograr un ciclo de vida infinito mediante el recambio de las piezas que necesiten ser sustituidas, y el mantenimiento de las piezas que solo necesiten reparación. Además sus componentes, son biodegradables. Todo esto le proporciona el término de vivienda sostenible. Consta además de un interiorismo reversible, debido a la fácil extracción maniobrabilidad de sus piezas, el interior es remodelable. Pero pese a todas estas características, se indagará únicamente en el ámbito bioclimático.

Pese a su forma semiesférica que a simple vista hace creer que no se ha tenido muy en cuenta la orientación, posiblemente influenciada por la actuación en la Reichstag de Norman Foster* (con la que comparte varias similitudes en el diseño), la vivienda está situada y diseñada para

* En el libro referenciado en la bibliografía: Cuito, A., (2000) *Ecological architecture: bioclimatic trends and landscape architecture in the year 2001*. En la página 94, encontramos éste proyecto de Foster, que claramente parece influenciar el edificio de Luis de Garrido, tanto en la forma, como en las estrategias bioclimáticas empleadas.

aprovechar la orientación Sur principalmente, sin embargo, como se explicará más adelante, se afronta cada orientación de una manera distinta, con el fin de controlar el sol y su radiación tanto en invierno como en verano. Además de proporcionar el gozo de las impresionantes vistas que suponen el emplazamiento a todos los rincones de la vivienda.

Su forma tan peculiar y formalista, no viene solo marcada por el simbolismo egipcio, sino que también se aprovecha para conectar las playas situadas en los lados opuestos de la isla, y también, para situar un mirador desde el que se pueda apreciar toda la isla. Esto es debido a que desde planta baja se deben conectar el embarcadero situado al noreste, la playa norte, la playa sur, y el acceso por vehículo rodado desde el oeste (donde se sitúa el garaje).

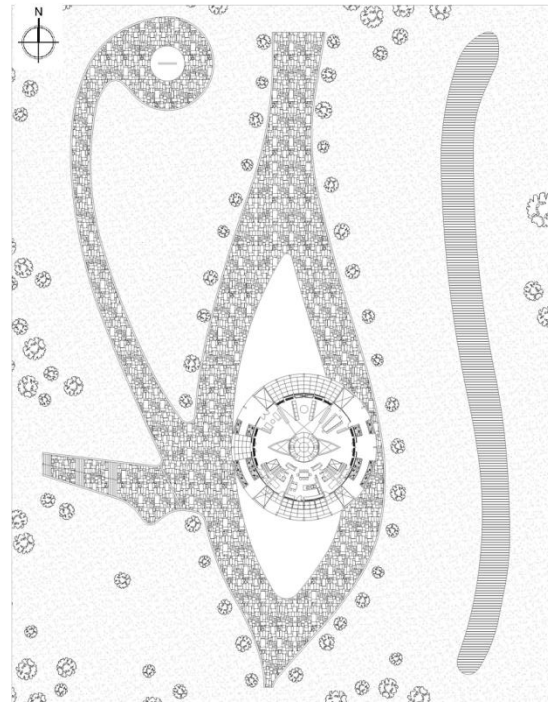


Fig. 49: Eye of Horus (2012)

En cuanto al clima, se han obtenido unos gráficos y esquemas del propio arquitecto que fueron utilizados para el análisis climático del emplazamiento. Se pueden ver los ángulos de incidencia solar en invierno ($29^{\circ}35'$) y en verano ($76^{\circ}27'$) (Fig. 50)



Fig. 50a: Eye of Horus (2012) - Incidencia solar verano

Fig. 50b: Eye of Horus (2012) – Incidencia solar invierno

Y el climograma anual de temperaturas, junto con el de precipitaciones, ambos muy similares a los expuestos en el punto 2.2.4.

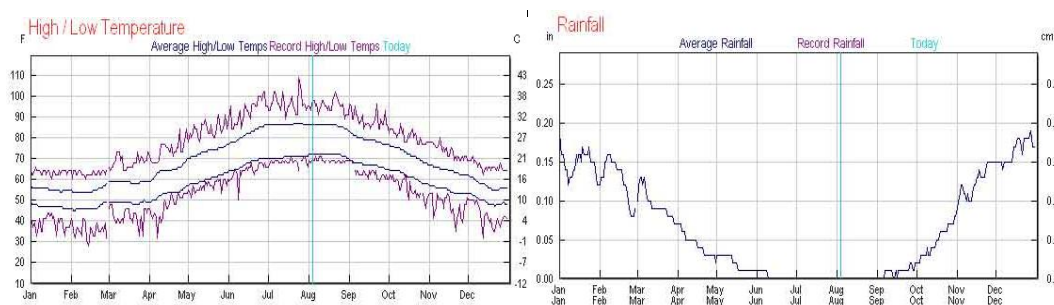


Fig. 51: Eye of Horus (2012) – Climograma de la isla, aportado por el arquitecto (temperatura / precipitaciones)

Se procede pues al análisis bioclimático de la vivienda. Para la generación de calor, la vivienda se calienta de varios modos. Primero mediante un altísimo **aislamiento térmico** que evita que se enfríe. La vivienda acumula calor a través del **efecto invernadero** generado por sus cristaleras, y acumula este calor gracias a la gran **inercia térmica** de los materiales que conforman su construcción. Por tanto, este calor almacenado durante el día, se aprovecha durante la noche, y se retiene en el interior de la vivienda debido a este elevado nivel de aislamiento que se ha mencionado con anterioridad, y a la existencia de una doble piel de vidrio perimetral. Debido a su cuidado diseño bioclimático, y a su orientación norte-sur, la vivienda se calienta pues por efecto invernadero, pero además, la vivienda consta de calefacción por bomba de calor geotérmica, por tanto, **calentamiento geotérmico por líquido** (expuesto en el punto 1.3.1.), que se transfiere al suelo radiante de cada planta, y cuyo calor irradiado, se mantiene en la vivienda gracias al aislamiento térmico y la inercia térmica del edificio una vez más.

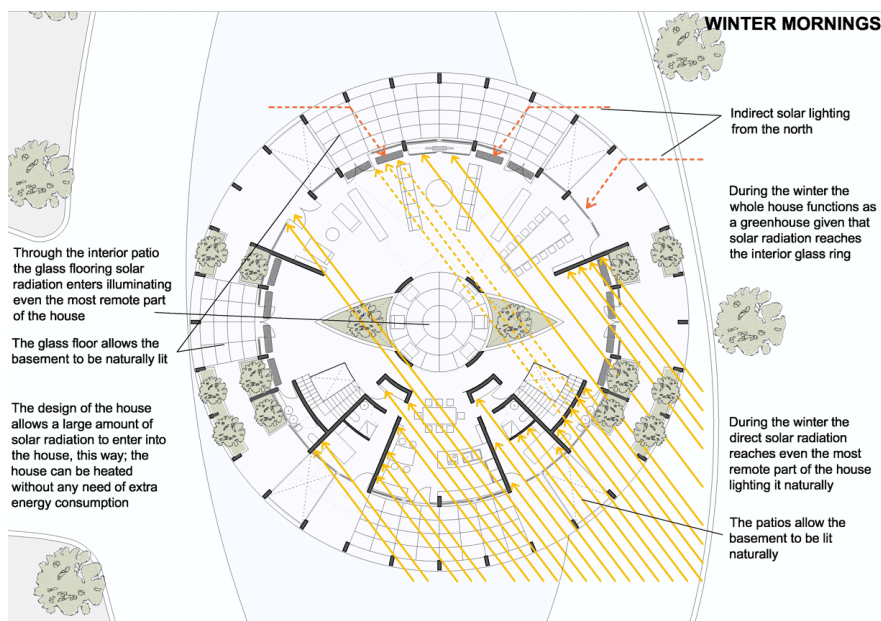


Fig. 52: Eye of Horus Eco-House (2012) – Mañanas de invierno

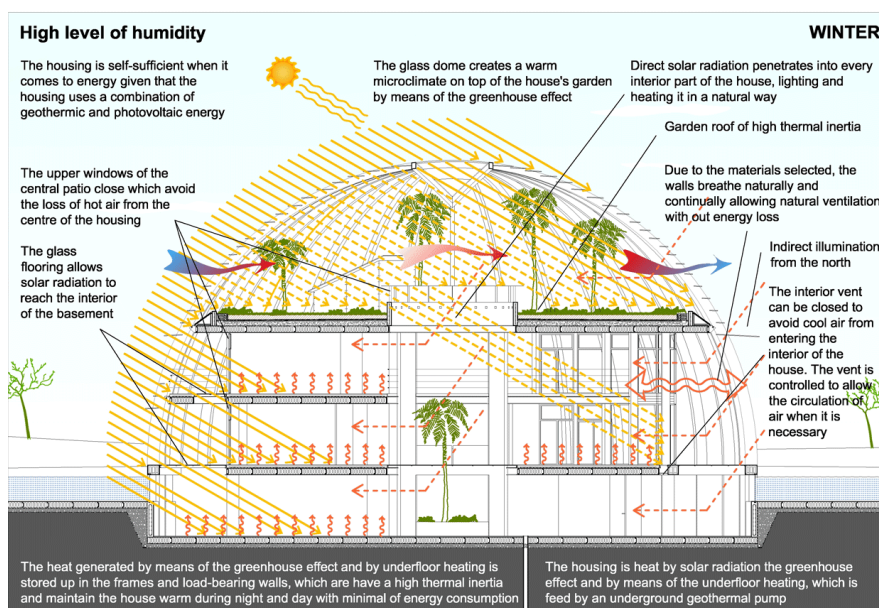


Fig. 53: Eye of Horus Eco-House (2012) – Estrategias en invierno

En cuanto a la generación de fresco, la vivienda se refresca de varias formas. Evitando calentarse: Las **protecciones solares directas horizontales** que rodean el edificio en toda su semiesfera, tienen un ángulo diferente según su orientación (norte, sur, este, oeste) debido a que, como es obvio, los rayos de sol inciden con diferente inclinación según la orientación. Estas lamas de protección, permiten el paso del sol en invierno y lo frenan en verano. La vegetación perimetral, también protegen del sol las orientaciones este y oeste durante el verano. El edificio también se refresca mediante **intercambiadores geotérmicos por aire**, gracias a galerías subterráneas. Este fresco generado se acumula durante la noche gracias a la inercia térmica de los muros de carga, y de los forjados principalmente, y no se escapa gracias al aislamiento térmico. Por último, el aire caliente se evacua al exterior a través de las ventanas superiores del patio cubierto central acristalado, el cual potencia una **convección natural** y proporciona el llamado **efecto chimenea** para extraer el aire caliente.

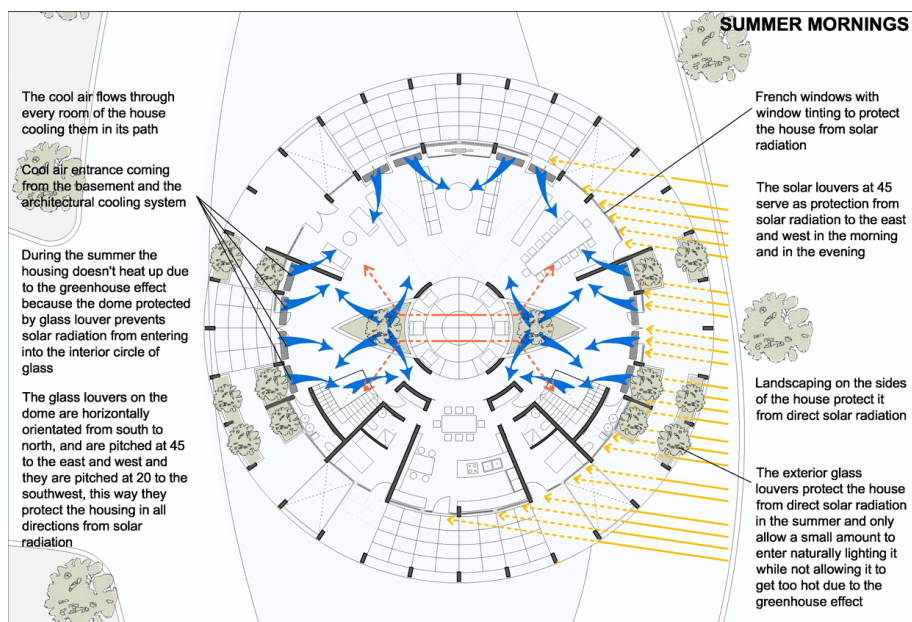


Fig. 54: Eye of Horus Eco-House (2012) - Mañanas de verano

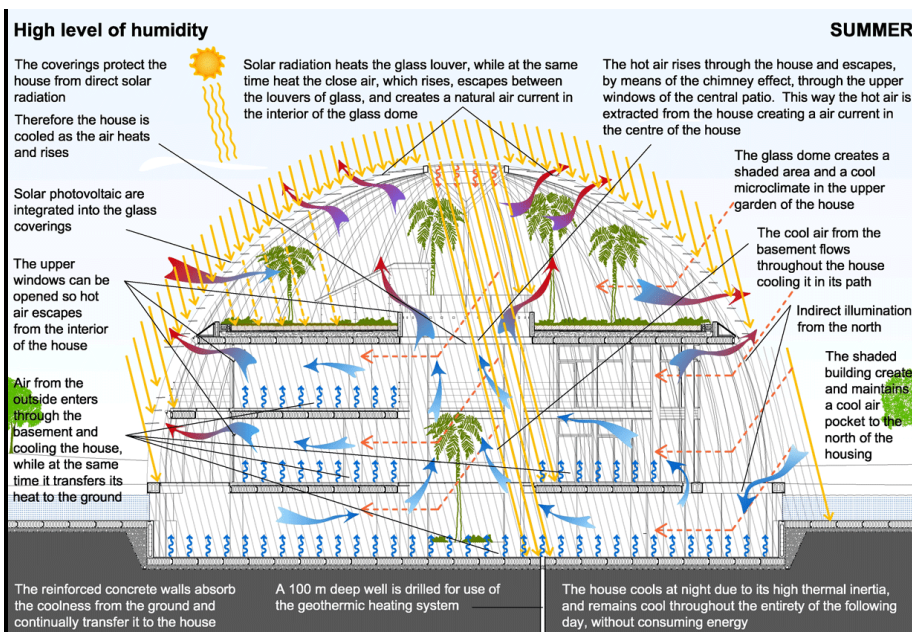


Fig. 55: Eye of Horus Eco-House (2012) - Estrategias en verano

Para finalizar, el sistema de acumulación de calor o fresco, como se ha expuesto previamente, es a través de la gran inercia térmica de forjados y muros de carga. Lo que mantiene caliente la vivienda durante la noche en invierno y de la misma forma, mantiene fresca la vivienda durante los días de verano. Este proceso es reforzado por la alta inercia térmica que proporciona la cubierta ajardinada. (De Garrido, L., 2012).

En lo que a los sistemas de transferencia de calor supone, el calor generado por efecto invernadero y radiación natural se reparte por el edificio gracias al patio central. El calor almacenado en los muros se transmite a las estancias por radiación. El aire fresco que se genera en las galerías subterráneas, se transfiere a través de unas rejillas repartidas en el forjado y patio central. Esta corriente de aire refresca todas las estancias de la vivienda. (De Garrido, L., 2012).

Cabe añadir que el edificio, como se aprecia en los esquemas (Fig. 53, Fig. 55), consta de una ventilación natural que se hace de forma natural y continua a través de los muros envolventes, lo que permite una ventilación adecuada, y que no da paso a pérdidas energéticas. Ésto es posible debido a que los materiales empleados son transpirables. (De Garrido, L., 2012)

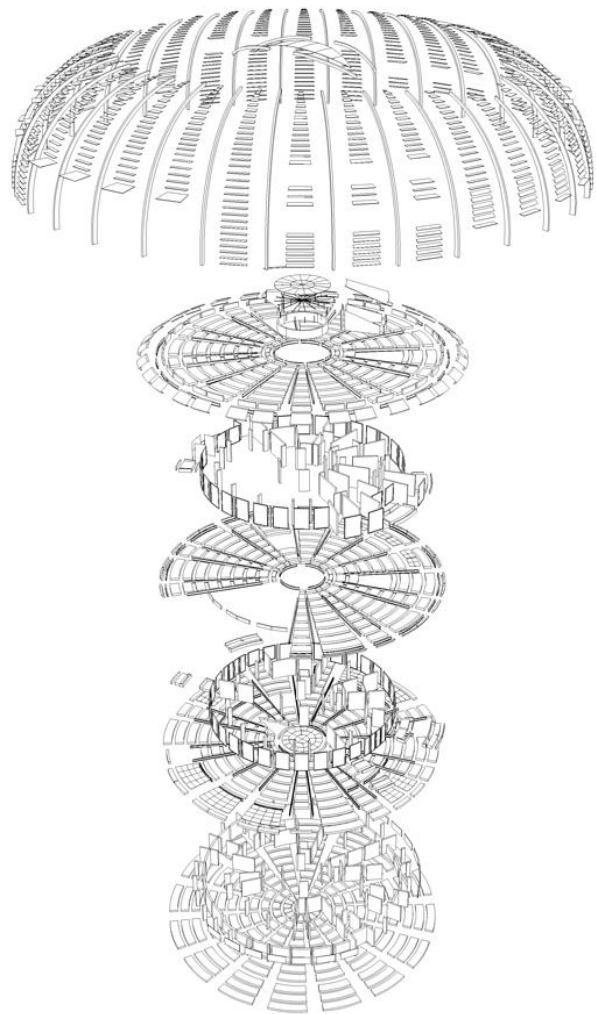


Fig. 56: Eye of Horus Eco-House (2012) – Composición constructiva de la vivienda

9. Extracción de conclusiones tras los análisis.

La elección de las cuatro viviendas que se analizan no es aleatoria, todas ellas tienen un por qué. Todas ellas comparten muchos puntos en común: pertenecen al clima mediterráneo, son viviendas contemporáneas, con lo que reflejan con una mayor precisión en qué punto está el bioclimatismo en la actualidad. Pero también era necesario mostrar viviendas que respondieran a diferentes zonas del mundo, y a ser posible a diferentes culturas, con tal de ver como se afronta a un mismo problema desde varios puntos de vista diferentes. Por ello se opta por una vivienda mediterránea de la costa mediterránea típica, con sus rasgos tan característicos (caso 1). Se opta también por una vivienda americana, que muestra unos sistemas constructivos y unos materiales ligeramente distintos al resto. La madera es un material muy empleado debido a la gran cantidad que se produce en EEUU, por ello era interesante analizar su empleo en estas viviendas (caso 2). En la vivienda australiana una vez más variaba el sistema constructivo empleado, y se mostraba una diferente forma de construir el edificio bioclimático, más natural, más sostenible, mediante el uso de muros de arena compactada, lo que suponía un enfoque totalmente diferente a los anteriores, y que proporcionaba de un altísimo interés a la vivienda, debido a la solución que se emplearía para no disponer de puentes térmicos (caso 3). Y por último el caso en Turquía, donde al contrario que en cualquiera de los casos de vivienda bioclimática encontrados tras la búsqueda de proyectos a analizar, este edificio tenía la envolvente de todo el edificio de vidrio, lo que suponía un reto a la hora de no convertir el interior en un horno debido al efecto invernadero, cosa que hemos visto en cantidad de ocasiones en edificios de estas características en el clima mediterráneo (caso 4). Y sin embargo, mediante estrategias bioclimáticas, todos estos casos con similitudes y tantas diferencias formales, de diseño constructivo, y de materiales, logran un correcto nivel de bioclimatismo en su interior.

Las conclusiones más técnicas tras los análisis son que al encontrarnos en un clima generalmente cálido, sin temperaturas extremas en invierno (como se expone en el punto 2.1., *“de inviernos templados y veranos calurosos. Los inviernos son lluviosos en comparación con los veranos que son secos”*), las estrategias van siempre más enfocadas a refrescar la vivienda en verano, y simplemente aprovechar el sol en invierno. Pero más importante aún, y en ello ponen énfasis todos los arquitectos, es en no desperdiciar, tanto este fresco en el verano, como las ganancias térmicas en invierno.

Por ello, generalmente las técnicas más compartidas entre los proyectos investigados son, para las épocas de mayor calor: **Ventilación cruzada** desde las zonas de sombra, que refresque el aire de la vivienda, expulsar el aire caliente a mediante la **convección natural**, potenciándola en ocasiones con el **efecto chimenea**, y por supuesto el impedimento de entrada de radiación solar a la vivienda mediante el uso de **protecciones solares** como voladizos cuya longitud permita la entrada del sol tan solo en invierno. Todo esto sumado a un buen aislamiento térmico que impida el paso del calor exterior a la vivienda a través de los cerramientos, y también sumado a la inercia térmica que almacene el fresco acumulado durante la noche, y permita su uso durante el día.

En invierno sin embargo, generalmente basta con utilizar esta **radiación solar** que evitamos en verano, gracias a la variación del ángulo de incidencia solar. Se utiliza pues mediante el famoso

efecto invernadero. También es importante no desperdiciar este calor, por tanto una buena **inercia térmica** que almacene este calor y lo suelte cuando sea necesario, es algo en lo que también coincidían todos los arquitectos. Por ello se utiliza en muchos casos muros de carga en lugar de pilares, o **muros Trombé** en caso de disponer de pilares. Se ha observado que los arquitectos tienden a evitar medidas más complejas que pueden ser más costosas como por ejemplo el uso de la geotérmica que se ha analizado en la última vivienda. Esto es posiblemente debido a que los arquitectos, generalmente prefieren centrarse en las decisiones que no alteran el presupuesto prácticamente, y que pese a no dar un bioclimatismo tan completo como las viviendas que usan estos métodos también, se les otorga el título de viviendas bioclimáticas de todos modos. También es posible que el propio cliente no acepte algunas de las propuestas más técnicas del arquitecto, y se decante más por las soluciones más básicas.

Pese a ello, todos los proyectos muestran un buen nivel de bioclimatismo, y todos ellos tienen un gran interés.

10. Reflexiones tras la comparación

El clima Mediterráneo es pues un clima que no requiere de grandes, ni de complejas estrategias para lograr una situación térmica de bienestar en el interior de sus viviendas. Generalmente es suficiente con la elección correcta de la orientación, y el uso apropiado del sol y de los espacios de sombra, y con la utilización de un sistema constructivo que posea una buena inercia térmica y buen aislamiento.

Sin embargo, cabe pensar, que este comportamiento logrado con unas sencillas decisiones, podría mejorar altamente, logrando casi la excelencia bioclimática de un casi perfecto confort higrotérmico durante todos los días del año, si se aplicaran también el uso de las técnicas más complejas y costosas en colaboración con las más sencillas. Un gasto inicial más importante en estas estrategias más complejas, podría prácticamente reducir la necesidad energética para el confort higrotérmico de un hogar a 0, por lo que una inversión inicial mayor, podría suponer un ahorro mucho mayor a largo plazo, además de colaborar fuertemente con el medio ambiente al no requerir energía.

Se ha realizado este trabajo, porque se cree que la arquitectura debe de derivar hacia este campo, junto con el campo de la sostenibilidad, y la autosuficiencia. Para que la arquitectura, y el ser humano puedan tener un futuro, deben de ser sostenibles, por ello, cuanto menos recursos, tanto de materiales, como energéticos requiera la arquitectura, mayor será la duración del ser humano en la Tierra, y menor nuestro impacto en ella. Por ello esta rama, junto a la de sostenibilidad y autosuficiencia, que suponen un uso más correcto de nuestro planeta, y de los medios de los que disponemos, debería recibir un mayor énfasis, y un mayor interés por parte de las escuelas de arquitectura y por parte de los seres humanos que somos los que tenemos la posibilidad de cambiar el mundo a mejor.

Como se indica al inicio del trabajo, uno de los objetivos es “Concienciar sobre la importancia del bioclimatismo en la arquitectura y exponer por qué es necesario”. Este punto no es obviado en todo el trabajo. De hecho, todo el texto cumple la función de informar sobre esta arquitectura y concienciar a los arquitectos de nuestro deber de aplicarla. La intención que lleva este trabajo, es mostrar las distintas estrategias, simplificarlas para el lector, con tal de que éste las interiorice. Mostrar las pautas a seguir en un proyecto bioclimático mediante el análisis de arquitectos que han seguido este proceso de diseño constructivo. Y dejar claro que esta arquitectura no es una utopía. Todo lo contrario, es algo que puede lograrse con sencillas decisiones que se ningunean en ocasiones.

¿Cuáles son los retos para un futuro cercano entonces?

El reto principal para un futuro cercano es dar a conocer esta arquitectura bioclimática a los estudiantes de arquitectura y a los arquitectos. Formarlos en la materia. Concienciar sobre la necesidad de ésta, y también de la necesidad de otras ramas verdes de la arquitectura como la sostenibilidad y la autosuficiencia. Tal vez de esta manera se pueda lograr que en pocos años la arquitectura bioclimática esté tan interiorizada que forme parte del proceso de diseño, y se tenga tan presente como la estructura, la construcción, la función, los espacios, etc. El mundo cambia, y la arquitectura debe de marcar y dirigir este cambio, y para ello, el arquitecto debe de ser el primero en ser consciente, y debe de ser el primero en involucrarse.

Como se explica en el trabajo, el cliente debe de hacer un uso correcto de la vivienda, y por ello también es necesaria la educación de los que vayan a habitar la casa. El trabajo del arquitecto que diseña un edificio bioclimático para un cliente es explicarle cómo hacer un uso adecuado de la vivienda, y como conseguir que las estrategias que se han diseñado y se han aplicado en la vivienda, sean eficientes y se empleen correctamente.

Debe de ser por tanto un cambio en la arquitectura y en la sociedad, y pese a que aparentemente la sociedad y la arquitectura van en la dirección correcta, es necesario que el cambio se produzca de una forma más rápida, y que este tipo de arquitectura no nos parezca algo del futuro, sino que forme cada vez más parte del presente.

11. Bibliografía

Referencias bibliográficas.

Cuito, A., (2000) *Ecological architecture: bioclimatic trends and landscape architecture in the year 2001*. Barcelona, España: Loft Publications.

De Garrido, L., (2012) *Un nuevo paradigma en arquitectura*. Barcelona, España: Ed. Monsa

De Garrido, L., (2014) *Arquitectura Bioclimática Extrema*. Barcelona, España: Ed. Monsa

Desogus, G., (2016) *Bioclimatic lessons from Mediterranean vernacular architecture: The Sardinian case study*. Energy & Buildings, 1 October 2016, Vol.129, pp.574-588

Font, P., (2017) *Casa Pi, Sa Cabaneta, arquitectura responsable, con un toque mediterráneo* (Disponible en: <https://morewithlessdesign.com/casa-pi-sa-cabaneta/>) [Última consulta: 14-09-18]

Fuentes, V. A., (2001). *Introducción a la arquitectura bioclimática*. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. División de Ciencias y Artes para el Diseño, Azcapotzalco.

Fuentes, V. A., Rodríguez, M., (2004). *Ventilación natural. Cálculos básicos para arquitectura*. Universidad Autónoma Metropolitana, México D.F., México.

Garrido Abalos, L., (2014) *Arquitectura y clima en el Mediterráneo. Estudio y tipología de vivienda bioclimática tradicional. Casos prácticos*. (Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/43929>) [Última consulta: 10-09-18]

Garzón, B., (2007) *Arquitectura bioclimática*. Buenos Aires, Argentina: Nobuko

Givoni, B., (1994). *Passive low energy cooling of buildings*. Nueva York : John Wiley & Sons.

Grosso, M., (2008). *El refrescamiento pasivo de los edificios*. Maggioli, Santarcangelo di Romagna.

J. Hernandez, P., (2014) *Diagrama Bioclimático de Givoni* (Disponible en: <https://pedrojhernandez.com/2014/03/03/diagrama-bioclimatico-de-givoni-2/>) [Última consulta: 23-08-18]

Kibert, C. J., (2005) *Sustainable construction: green building design and delivery*. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc.

Minguet, J. M., (2009) *Bioclimatic architecture*. Barcelona, España: Instituto Monsa de Ediciones, S. A.

Minguet, J. M., (2012) *Efficiency Buildings, Bioclimatic architecture*. Barcelona, España: Instituto Monsa de Ediciones, S. A.

Munarq, (2013) *Casa Pi* (Disponible en: <http://munarq.es/ca/casa-pi-2/>) [Última consulta: 13-09-18]

Olgay, V., (1963). *Design with climate. Bioclimatic approach to architecture regionalism*. Princeton University Press. Princeton.

Olgay, V., (1998). *Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona.

Sayigh, A., (2015) *Mediterranean Green Buildings & Renewable Energy*. Florence, Italy: Med Green Forum

Serra, R., (2009) *Arquitectura y climas*. Barcelona. España: Ed. Gustavo Gili S.A.

Serrano, P., (2017) *Casas Pasivas en clima mediterráneo* (Disponible en: <https://www.certificadosenergeticos.com/casas-pasivas-en-clima-mediterraneo>) [Última consulta: 24-08-18]

Referencias gráficas.

Fig. 1: Zona de confort en Invierno y en Verano. (Serra, R., 2009:54) | Página 9

Fig. 2: Cartas bioclimáticas (I): climograma de bienestar adaptado, (Climograma de Olgay) (Moran, L., 2015) (Disponible en: <https://ecosocialhouse.wordpress.com/2015/04/03/carta-bioclimatica-de-olgyay/>) [Última consulta: 28-08-18] | Página 10

Fig. 3: Climogramas, Carta bioclimática de Givoni, (MDGAEETSAUN, 2016) (Disponible en: <https://mdgaeetsaun.com/2016/01/28/climogramas/>) [Última consulta: 27-08-18] | Página 11

Fig. 4: La trayectoria solar, (J Hernández, P., 2014) (Disponible en: <https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/la-trayectoria-solar/>) [Última consulta: 23-08-18] | Página 12

Fig. 5: Orientación sur (De Garrido, L., 2012:82) | Página 12

Fig. 6a: Estrategias arquitectónicas bioclimáticas básicas para la generación de calor (De Garrido, L., 2012:82-83) | Página 12

Fig. 6b: Estrategias arquitectónicas bioclimáticas básicas para la generación de calor (De Garrido, L., 2012:82-83) | Página 13

Fig. 6c: Estrategias arquitectónicas bioclimáticas básicas para la generación de calor (De Garrido, L., 2012:82-83) | Página 13

Fig. 7a: Estrategias arquitectónicas bioclimáticas básicas para la generación de fresco (De Garrido, L., 2012:83) | Página 14

Fig. 7b: Estrategias arquitectónicas bioclimáticas básicas para la generación de fresco (De Garrido, L., 2012:83) | Página 15

Fig. 7c: Estrategias arquitectónicas bioclimáticas básicas para la generación de fresco (De Garrido, L., 2012:83) | Página 15

Fig. 7d: Estrategias arquitectónicas bioclimáticas básicas para la generación de fresco (De Garrido, L., 2012:83) | Página 16

Fig. 8: Estrategias arquitectónicas bioclimáticas básicas para el almacenamiento de calor o fresco (De Garrido, L., 2012:84) | Página 17

Fig. 9: Estrategias arquitectónicas bioclimáticas básicas para la transferencia de calor o fresco (De Garrido, L., 2012:84) | Página 18

Fig. 10: Mecanismos de control de las estrategias bioclimáticas (Fuentes, V. A., 2001:76) | Página 19

Fig. 11: Los climas de la tierra, (Rivera, A., 2012) (Disponible en: <http://eltiempo.lasprovincias.es/las-cosas-del-clima/los-climas-tierra>) [Última consulta: 04-09-18] | Página 21

Fig. 12: El clima mediterráneo, (Rivera, A., 2012) (Disponible en: <http://eltiempo.lasprovincias.es/las-cosas-del-clima/clima-mediterraneo>) [Última consulta: 04-09-18] | Página 21

Fig. 13: Climas en España, (AitanaTP, 2018) (Disponible en: <http://www.aitanatp.com/nivel6/clima/climas.htm>) [Última consulta: 05-09-18] | Página 22

Fig. 14: El clima mediterráneo, (Rivera, A., 2012) (Disponible en: <http://eltiempo.lasprovincias.es/las-cosas-del-clima/clima-mediterraneo>) [Última consulta: 05-09-18] | Página 23

Fig. 15a: Climograma Sa Cabaneta, Islas Baleares, España (CLIMATE-DATA, 2018) (Disponible en: <https://es.climate-data.org/location/1068585/>) [Última consulta: 06-09-18] | Página 24

Fig. 15b: Climograma Sa Cabaneta, Islas Baleares, España (CLIMATE-DATA, 2018) (Disponible en: <https://es.climate-data.org/location/1068585/>) [Última consulta: 06-09-18] | Página 24

Fig. 15c: Climograma Sa Cabaneta, Islas Baleares, España (CLIMATE-DATA, 2018) (Disponible en: <https://es.climate-data.org/location/1068585/>) [Última consulta: 06-09-18] | Página 24

Fig. 16a: Climograma Santa Mónica, California, EEUU (CLIMATE-DATA, 2018) (Disponible en: <https://es.climate-data.org/location/714893/>) [Última consulta: 06-09-18] | Página 25

Fig. 16b: Climograma Santa Mónica, California, EEUU (CLIMATE-DATA, 2018) (Disponible en: <https://es.climate-data.org/location/714893/>) [Última consulta: 06-09-18] | Página 25

Fig. 16c: Climograma Santa Mónica, California, EEUU (CLIMATE-DATA, 2018) (Disponible en: <https://es.climate-data.org/location/714893/>) [Última consulta: 06-09-18] | Página 25

Fig. 17a: Climograma Lorne, Australia (CLIMATE-DATA, 2018) (Disponible en: <https://es.climate-data.org/location/762113/>) [Última consulta: 06-09-18] | Página 26

Fig. 17b: Climograma Lorne, Australia (CLIMATE-DATA, 2018) (Disponible en: <https://es.climate-data.org/location/762113/>) [Última consulta: 06-09-18] | Página 26

- Fig. 17c:** Climograma Lorne, Australia (CLIMATE-DATA, 2018) (Disponible en: <https://es.climate-data.org/location/762113/>) [Última consulta: 06-09-18] | Página 26
- Fig. 18a:** Climograma Marmaris, Turquía (CLIMATE-DATA, 2018) (Disponible en: <https://es.climate-data.org/location/8991/>) [Última consulta: 06-09-18] | Página 27
- Fig. 18b:** Climograma Marmaris, Turquía (CLIMATE-DATA, 2018) (Disponible en: <https://es.climate-data.org/location/8991/>) [Última consulta: 06-09-18] | Página 27
- Fig. 18c:** Climograma Marmaris, Turquía (CLIMATE-DATA, 2018) (Disponible en: <https://es.climate-data.org/location/8991/>) [Última consulta: 06-09-18] | Página 27
- Fig. 19:** Casa PI / Munarq arquitectes. (Plataforma Arquitectura, 2017). (Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/876700/casa-pi-munarq-arquitectes>) [Última consulta: 12-09-18] | Página 28
- Fig. 20:** Casa PI / Munarq arquitectes. (Plataforma Arquitectura, 2017). (Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/876700/casa-pi-munarq-arquitectes>) [Última consulta: 12-09-18] | Página 28
- Fig. 21:** Casa PI / Munarq arquitectes. (Plataforma Arquitectura, 2017). (Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/876700/casa-pi-munarq-arquitectes>) [Última consulta: 12-09-18] | Página 29
- Fig. 22:** Casa PI / Munarq arquitectes. (Plataforma Arquitectura, 2017). (Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/876700/casa-pi-munarq-arquitectes>) [Última consulta: 12-09-18] | Página 29
- Fig. 23:** Casa PI / Munarq arquitectes – Vista aérea. (Plataforma Arquitectura, 2017). (Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/876700/casa-pi-munarq-arquitectes>) [Última consulta: 12-09-18] | Página 29
- Fig. 24:** Casa Pi – Planta Baja. (Munarq, 2013) (Disponible en: <http://munarq.es/ca/casa-pi-2/>) [Última consulta: 13-09-18] | Página 30
- Fig. 25:** Casa Pi – Infografía original. (Munarq, 2013) (Disponible en: <http://munarq.es/ca/casa-pi-2/>) [Última consulta: 13-09-18] | Página 30
- Fig. 26:** Casa PI, Sa Cabaneta, arquitectura responsable, con un toque mediterráneo. (Font, P., 2017) (Disponible en: <https://morewithlessdesign.com/casa-pi-sa-cabaneta/>) [Última consulta: 14-09-18] | Página 31
- Fig. 27:** Casa Pi. (Munarq, 2013) (Disponible en: <http://munarq.es/ca/casa-pi-2/>) [Última consulta: 13-09-18]. Con anotaciones propias. | Página 31
- Fig. 28:** Beitcher Residence (Minguet, J. M., 2012:42) | Página 32
- Fig. 29a:** Beitcher Residence (Minguet, J. M., 2012:45) | Página 32
- Fig. 29b:** Beitcher Residence (Minguet, J. M., 2012:45) | Página 32

- Fig. 30:** Beitcher Residence – Asoleamiento (Minguet, J. M., 2012:44) | Página 33
- Fig. 31:** Beitcher Residence – Planta Baja (arriba) y Planta 1ª (abajo). (Minguet, J. M., 2012:45) | Página 34
- Fig. 32:** Beitcher Residence (Minguet, J. M., 2012:47) | Página 34
- Fig. 33:** Beitcher Residence – Sección transversal de uso de estrategias (Minguet, J. M., 2012:48) | Página 35
- Fig. 34:** Beitcher Residence – Sección esquema del flujo del aire (Minguet, J. M., 2012:49) | Página 36
- Fig. 35:** Beitcher Residence – Cónica esquema del flujo del aire (Minguet, J. M., 2012:49) | Página 36
- Fig. 36:** Beitcher Residence (Minguet, J. M., 2012:43) | Página 37
- Fig. 37:** Rotten Point House - Johanna Beach (Sharee, 2018) (Disponible en: <https://www.airbnb.es/rooms/8743564>) [Última consulta: 17-09-18] | Página 38
- Fig. 38:** Johanna House (Minguet, J. M., 2009:87) | Página 39
- Fig. 39:** Johanna House – Imagen diurna desde el patio (Minguet, J. M., 2009:80) | Página 39
- Fig. 40:** Johanna House – Imagen nocturna desde el patio (Minguet, J. M., 2009:80) | Página 39
- Fig. 41:** Johanna House / Nicholas Burns – Interior de la vivienda (Archdaily, 2009) (Disponible en: <https://www.archdaily.com/26722/johanna-house-nicholas-burns>) [Última consulta: 19-09-18] | Página 39
- Fig. 42:** Johanna House – planos con anotaciones propias (Minguet, J. M., 2009:80) | Página 40
- Fig. 43:** Rotten Point House - Johanna Beach (Sharee, 2018) (Disponible en: <https://www.airbnb.es/rooms/8743564>) [Última consulta: 18-09-18] | Página 40
- Fig. 44:** Johanna House / Nicholas Burns (Archdaily, 2009) (Disponible en: <https://www.archdaily.com/26722/johanna-house-nicholas-burns>) [Última consulta: 19-09-18] | Página 41
- Fig. 45:** Rotten Point House - Johanna Beach (Sharee, 2018) (Disponible en: <https://www.airbnb.es/rooms/8743564>) [Última consulta: 18-09-18] | Página 41
- Fig. 46:** Eye of Horus Eco-House (De Garrido, L., 2012:488) | Página 42
- Fig. 47:** Eye of Horus Eco-House – Boceto original del arquitecto. (De Garrido, L., 2014:22) | Página 42
- Fig. 48:** Eye of Horus Eco-House – Volumetría de apreciación de las protecciones solares en la fachada (De Garrido, L., 2012:491) | Página 43

Fig. 49: Eye of Horus. (De Garrido, L., 2012) (Disponible en: <http://luisdegarrido.com/es/proyectos-realizados/2012-eye-horus-eco-house/#tab-id-3>) [Última consulta: 13-09-18] | Página 44

Fig. 50a: Eye of Horus - Incidencia solar verano. (De Garrido, L., 2012) (Disponible en: <http://luisdegarrido.com/es/proyectos-realizados/2012-eye-horus-eco-house/#tab-id-4>) [Última consulta: 13-09-18] | Página 44

Fig. 50b: Eye of Horus - Incidencia solar verano. (De Garrido, L., 2012) (Disponible en: <http://luisdegarrido.com/es/proyectos-realizados/2012-eye-horus-eco-house/#tab-id-4>) [Última consulta: 13-09-18] | Página 44

Fig. 51: Eye of Horus– Climograma de la isla, aportado por el arquitecto (temperatura / precipitaciones). (De Garrido, L., 2012) (Disponible en: <http://luisdegarrido.com/es/proyectos-realizados/2012-eye-horus-eco-house/#tab-id-4>) [Última consulta: 13-09-18] | Página 44

Fig. 52: Eye of Horus Eco-House – Mañanas de invierno (De Garrido, L., 2012:498) | Página 45

Fig. 53: Eye of Horus Eco-House – Estrategias en invierno (De Garrido, L., 2012:499) | Página 45

Fig. 54: Eye of Horus Eco-House – Mañanas de verano (De Garrido, L., 2012:498) | Página 46

Fig. 55: Eye of Horus Eco-House – Estrategias en verano (De Garrido, L., 2012:499) | Página 46

Fig. 56: Eye of Horus Eco-House – Composición constructiva de la vivienda. (De Garrido, L., 2012:494) | Página 47