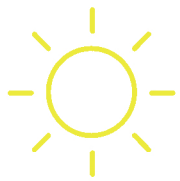


ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTO BIOCLIMÁTICO EN CLIMAS EXTREMOS DE ESPAÑA

- MEDIANTE EL USO DE APLICACIONES INFORMÁTICAS AVANZADAS DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA -



ALUMNO: SERGIO MANZANARES DÍAZ

TUTOR: ANTONIO BAÑO
CONVOCATORIA: JULIO 2016

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN FUNDAMENTOS DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA DE ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD DE ALCALÁ DE HENARES



Resumen

El fin último de la arquitectura ha sido siempre mejorar las condiciones de la vida humana: poder hacer habitables los lugares más inhóspitos de nuestro planeta.

A lo largo de la historia este objetivo se ha logrado de las maneras más ingeniosas posibles, la arquitectura y los arquitectos nos hemos adaptado a los climas más extremos para poder hacerlos habitables. Han aparecido así edificaciones tradicionales adaptadas a sus condiciones ambientales como los iglús, los tipis indios o la arquitectura enterrada. Pero desgraciadamente todo este despliegue de originalidad se ha ido perdiendo desde la aparición de las instalaciones. Ahora es posible mediante sistemas de calefacción o refrigeración adaptar cualquier espacio a cualquier clima, con el coste que eso conlleva.

Por eso en el presente trabajo se estudiará los mecanismos de los que dispone la arquitectura sostenible para poder alcanzar la zona de confort con el mínimo uso de las instalaciones en los climas más extremos de la península ibérica. Se elegirán cuatro climas extremos (cálido-seco, cálido-húmedo, frío-seco y frío-húmedo) y un banco de pruebas, un prototipo con el que poder experimentar todas las estrategias posibles.

Mediante un sistema de análisis y conclusiones parciales se irán proponiendo modificaciones para avanzar en el proceso de conseguir adaptar el prototipo inicial al clima extremo que corresponda, para por último comparar todos los resultados entre sí y comprobar la idoneidad de las medidas tomadas para cada uno de los climas.

Palabras clave:

arquitectura sostenible; climas extremos; prototipo adaptable.

Abstract

The ultimate goal of architecture has always been to improve the living conditions of the human kind: the chance to make the most inhospitable places suitable for our species.

Throughout history, this goal has been achieved by the use of many skillful ways. The architect and architecture itself have been able to turn the more extreme climates into livable places. A variety of traditional buildings such as igloos, tepees or even the dugouts or shelters have appeared that way. These kinds of buildings are adapted to their environmental condition. But unfortunately all these many ways of originality have been gone since the appearance of the buildings installations. Nowadays, it is possible through these installations to adapt every space to any climate, not to mention the cost that it involves.

That is why in this work it will be studied the ways that the sustainable architecture has to make it possible to have comfort with the minimum usage of those installations. It will be chosen four extreme climates (Hot-Arid, Hot-Humid, Cold-Arid and Cold-Humid areas) and a prototype, which will be used in order to experiment with the possible strategies.

By means of a system of analysis and conclusions it will be possible to improve and progress in order to adapt the initial phase of the prototype to the extreme climate. Finally, we will be able to compare the results among themselves and with one another, so that the suitability of the decisions made in each climate can be verified.

Keywords:

sustainable architecture; extreme climates; adaptable prototype.

Índice

1 - Introducción

Diseño climático	4
Objetivos del trabajo	5
Metodología	5
Herramientas utilizadas	5
Elección de los climas	11
Climas en España	17
Ciudades elegidas	18
Construcción pasiva	19
Definición del banco de pruebas	20

2 - Clima frío-seco

Introducción	24
Datos bioclimáticos	25
Análisis I	27
Conclusiones parciales I	29
Análisis II	31
Conclusiones parciales II	32
Análisis III	33
Conclusiones finales	34

3 - Clima cálido-seco

Introducción	38
Datos bioclimáticos	39
Análisis I	41
Conclusiones parciales I	42
Análisis y concl. parc. II	44
Análisis III	45
Conclusiones finales	46

4 - Clima frío-húmedo

Introducción	50
Datos bioclimáticos	51
Análisis I	53
Conclusiones parciales I	54
Análisis II	55
Conclusiones parciales II	56

5 - Clima cálido-húmedo

Introducción	62
Datos bioclimáticos	63
Análisis I	65
Conclusiones parciales I	66
Análisis II	67
Conclusiones parciales II	68
Análisis III	69
Conclusiones finales	70

6 - Conclusiones

Conclusiones	74
Comparación análisis I	75
Desarrollo de estrategias	76
Frío-seco	76
Cálido-seco	77
Frío-húmedo	78
Cálido-húmedo	79
Comparación análisis III	80

7 - Bibliografía

Bibliografía de referencia	85
Bibliografía de consulta	85

8 – Anexos

Anexo A – Molina de Aragón	86
Anexo B – Sevilla	88
Anexo C – San Sebastián	90
Anexo D – Cádiz	92

Capítulo 1 | Introducción

Subíndice

Diseño climático	4
Objetivos del trabajo	5
Metodología	5
Herramientas utilizadas	5
Cartas solares	6
Climogramas	7
Software	10
Elección de los climas	11
Frío-seco	13
Cálido-seco	14
Frío-húmedo	15
Cálido-húmedo	16
Climas en España	17
Ciudades elegidas	18
Construcción pasiva	19
Definición del banco de pruebas	20

Diseño climático

«La arquitectura bioclimática representa el empleo y uso de materiales y sustancias con criterios de sostenibilidad, es decir, sin poner en riesgo su uso por generaciones futuras, representa el concepto de gestión energética óptima de los edificios [...]»

J. Neila González, 2004

Esta podría ser una de las muchas definiciones actuales para el diseño climático. Sin embargo, en el mismo libro también nos indica Javier Neila que el término «arquitectura bioclimática», «arquitectura sostenible», o «diseño climático» fue un concepto claro en su origen pero que en la actualidad es confuso debido a su mayor complejidad.

Otra definición, tal vez más clara y concisa, es que a través de este tipo de arquitectura se ha de conseguir con un mínimo de energía un máximo de confort o comodidad.

Para ello, y como observamos en la diagrama inferior,

a través de un correcto análisis del clima y un apropiado diseño del edificio se puede conseguir, por un lado, minimizar las necesidades de consumo y, por otro lado, maximizar los recursos de los que se dispone, haciendo que ambas realidades afecten positivamente al consumo de energía total del edificio, reduciéndolo al mínimo o incluso a cero.

Sin embargo este concepto no es nuevo, y a lo largo de la historia podemos ver cómo la arquitectura popu-

lar, sin más medios que los tradicionales, han necesitado y conseguido acondicionar las edificaciones al clima donde se sitúan, siendo las condiciones de estos climas en muchos casos muy extremas.

Por desgracia, como indica Santiago de Molina en su artículo «Malditas instalaciones» (2016), los arquitectos nos hemos acostumbrado a unos niveles de confort muy elevados con el simple uso de las instalaciones, dejando en el olvido todas las estra-

tegias que la arquitectura tradicional ha venido desarrollando durante siglos, y trayendo como resultado unas consecuencias de cambio climático posiblemente irreversibles.

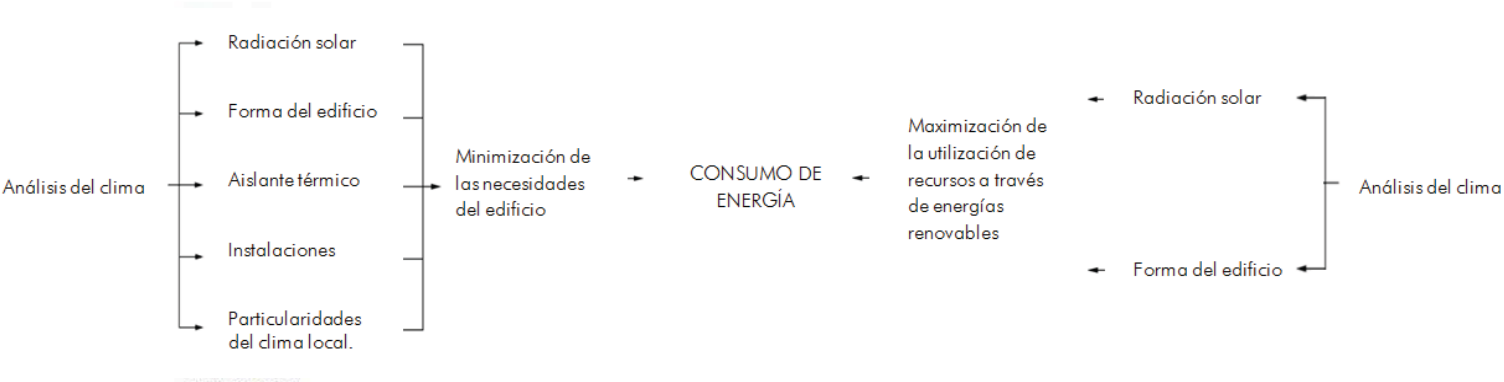


Ilustración 1.1. Esquema de relación de conceptos. Datos obtenidos de Energie PLUS. Fisch, Wilken y Stähr.

Introducción

Objetivos del trabajo

Por lo anteriormente visto, el presente trabajo tiene como objetivo retornar a ese estado de la arquitectura donde las instalaciones aún no tenían cabida y se tenía que hacer uso de un ingenioso despliegue de ideas para el acondicionamiento climático.

En España podemos encontrar climas de muy diversos tipos, desde desérticos hasta subtropical en las Islas Canarias. Por eso cada zona se ha adaptado a sus particularidades y en la arquitectura tradicional encontramos reflejadas estas diferencias.

En este trabajo primero se analizará la arquitectura tradicional de cuatro climas extremos de la península (seleccionados por su temperatura y nivel de humedad) para ver qué estrategias se han llevado a cabo históricamente y por otro lado se demostrará empíricamente si

estas medidas son realmente efectivas para el clima dado.

En una segunda fase del trabajo se comprobará cómo funcionan en realidad las decisiones de sostenibilidad que todo arquitecto tiene asimiladas (orientación, posición, aislamiento), y en qué medida éstas afectan al confort interior (temperaturas interiores, ahorro de energía) de las edificaciones.

Se utilizará para tan fin un banco de pruebas base, un prototipo para los cuatro climas y según el resultado de análisis parciales y posteriores conclusiones se pondrán unas medidas de sostenibilidad, y se volverá a analizar el resultado para ver cómo ha afectado a las temperaturas interiores y cuánta energía se ha ahorrado con una simple modificación morfológica.

Metodología

Para desarrollar el trabajo correctamente y con la intención de no desviarse de los objetivos, se procede al desarrollo siguiendo una metodología concreta, que corresponde a hacer análisis a cada paso, y realizar unas conclusiones parciales antes de iniciar el siguiente análisis, para luego terminar con unas conclusiones finales que engloben la totalidad del tema tratado en cada capítulo.

También se trabaja siguiendo el método científico, ya que el método de investigación empleado se basa en lo empírico y en la medición, gracias al uso de software de simulación energética que hace que las conclusiones aportadas sean totalmente prácticas y medibles, y no teóricas.

Herramientas utilizadas

Con el fin de permitir el estudio se han utilizado dos grupos de herramientas, por un lado los recursos tradicionales como cartas solares, climogramas y parámetros de confort, y por otro lado el software que permite simular las temperaturas interiores y los gastos de combustible necesarios para la climatización de la vivienda.

En el primer grupo de herramientas se utilizan las estrategias tradicionales utilizadas a lo largo de la historia, tales como cartas solares o climogramas, resultándonos especialmente útil el Climograma de Givoni, donde se establecen una serie de estrategias básicas que aplicar para cada tipo de clima.

Y entre los programas informáticos utilizados destaca el programa de simulación Design Builder.

Este programa permite simular la edificación proyectada de forma global, permitiendo fácilmente introducir modificaciones, controlar su evolución y ver los resultados obtenidos, lo que es mucho más eficiente como herramienta de proyecto que los manuales y herramientas tradicionales que aconsejan sobre orientaciones, o guías para construir de forma sostenible, pero sin demostrar empíricamente su eficiencia en el proyecto. Cada clima, y por tanto cada lugar es único y estos «libros de recetas» no pueden asegurar un buen comportamiento climático universal.

Cartas solares

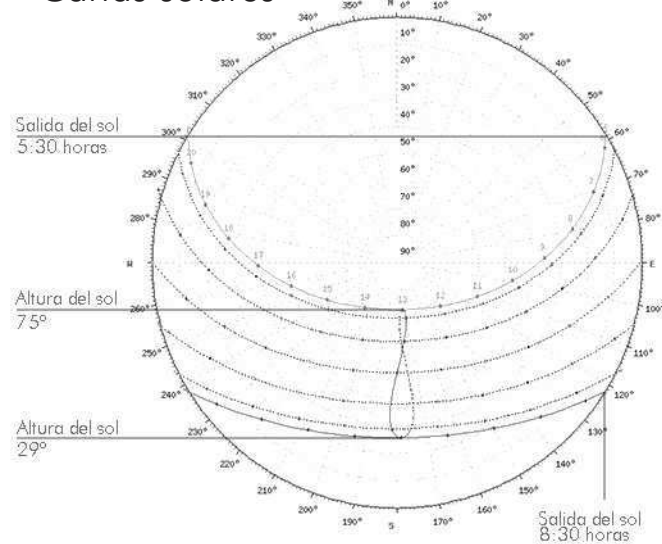


Ilustración 1.2. Explicación de una carta solar estereográfica.

Con una herramienta tan simple como una carta solar podemos saber, para una latitud dada, todos los datos relacionados con el sol, su posiciones y su movimiento durante todo el año.

Esto resulta útil en el diseño bioclimático para poder diseñar los parasoles de una vivienda o estudiar la mejor orientación posible, entre otras muchas posibilidades.

Para conseguir el objetivo final de dimensionar y proyectar las protecciones solares que permitan una reducción considerable de la carga solar se suelen utilizar procedimientos gráficos y analíticos.

Dentro de los métodos gráficos se clasifican según el sistema de proyección de la trayectoria solar en cartas de proyección, a saber:

- Estereográfica.
- Ortogonal.
- Gnomónica
- Cilíndrica.

Para el desarrollo del presente trabajo se ha optado por el uso de las cartas de proyección estereográfica.

Con los datos proporcionados por la carta solar se puede calcular rápidamente sombras propias y arrojadas, máscaras de sombra o sombras producidas por los huecos.

En la ilustración 3 podemos ver el área de sombreado según las exigencias obtenidas con la línea de sombra de un climograma de bienestar, mientras que en la ilustración 4 vemos las máscaras de sombra necesarias para cubrir el ese mismo área, gracias a un parasol horizontal y uno vertical en el lado oeste del hueco.

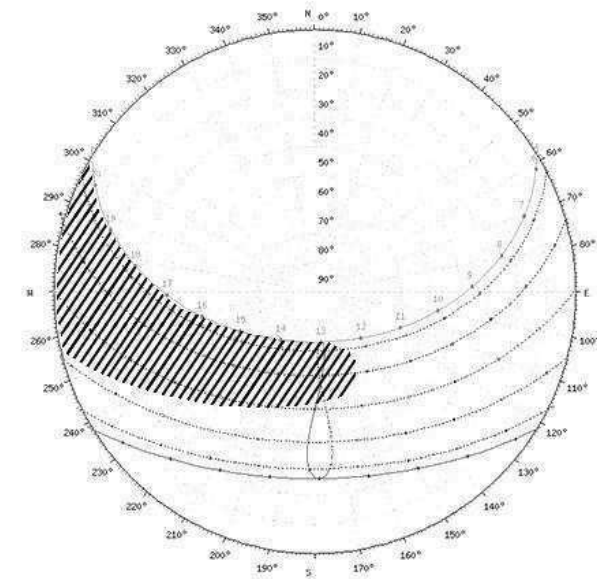


Ilustración 1.3. Área a sombrear según las exigencias de una línea de sombra dada de un climograma de bienestar. (Olgay, 1963).

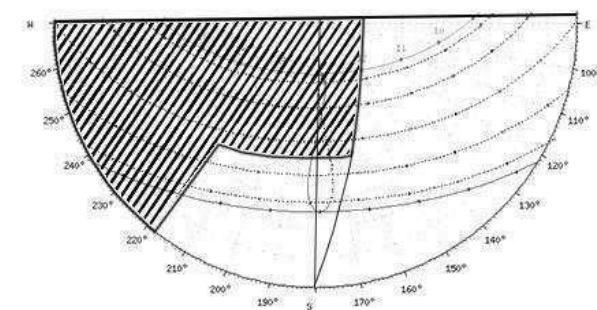


Ilustración 1.4. Máscara de capa necesaria para cubrir esa área en una fachada sur. (Olgay, 1963)

Introducción

Climogramas

La segunda herramienta manual que se utilizará para definir las características del clima son los climogramas de bienestar.

Entre todos los tipos de climogramas se elige el diseñado por Baruch Givoni, ya que nos señala una zona de bienestar y todas las estrategias necesarias para alcanzarla.

Estas estrategias a convenir para alcanzar la zona de confort están delimitadas por zonas, y si un determinado punto (que corresponde a un nivel de temperatura y de humedad en un momento dado del año) está dentro de varias zonas significa que se puede recurrir a cualquiera de ellas o a varias simultáneamente.

Con este diagrama se puede predefinir rápidamente cuáles serán las estrategias básicas para un determinado clima.

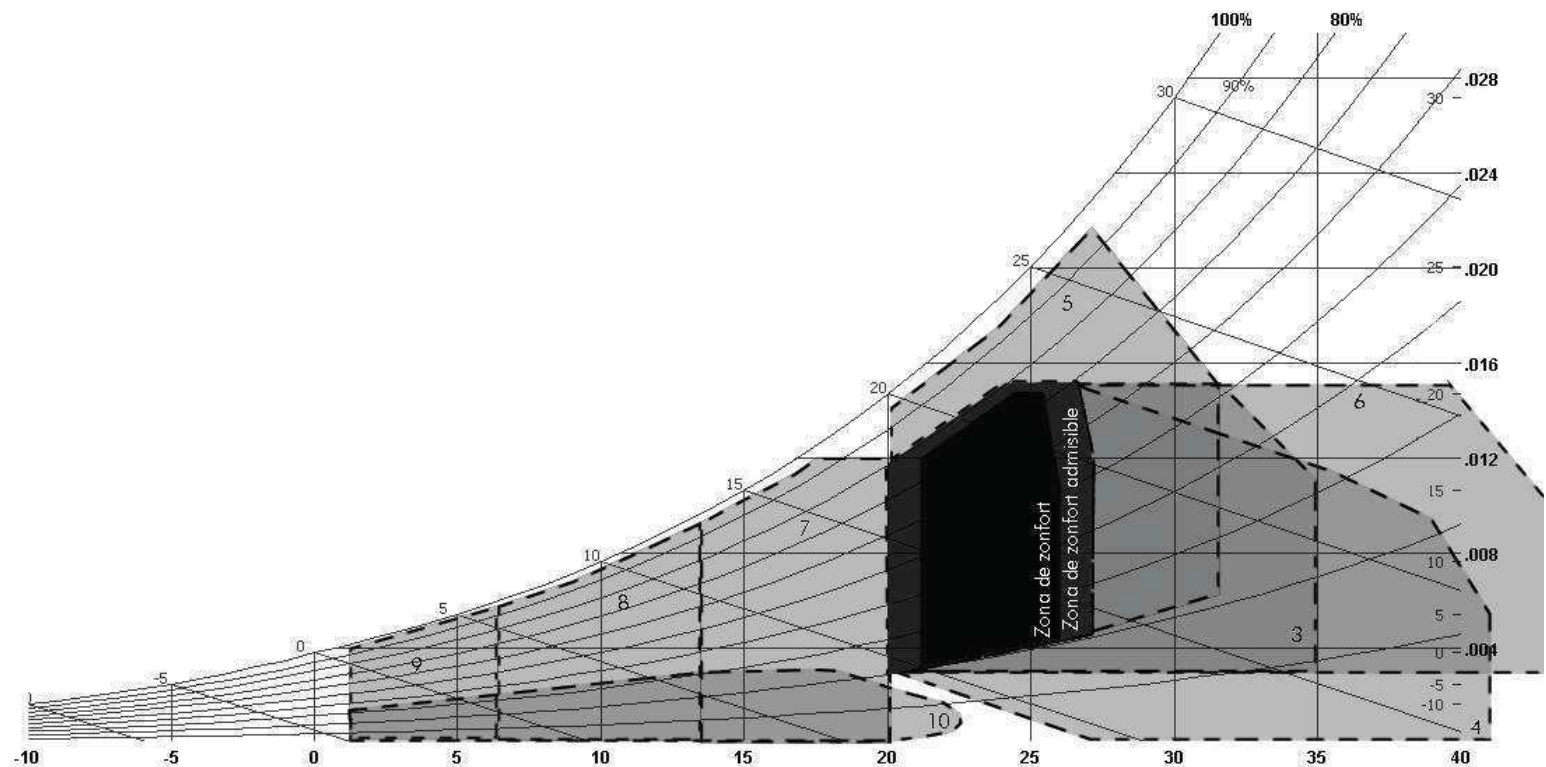


Ilustración 1.5. Climograma de Givoni con las zonas que corresponden con las estrategias que han de usarse para alcanzar la zona de confort.

Zona 1. Área de bienestar.

Zona 2. Bienestar admisible.

Zona 3. Representa las condiciones controlables mediante masa térmica. Para zonas ni muy cálidas ni muy húmedas.

Zona 4. Representa las condiciones controlables con enfriamiento evaporativo.

Zona 5. Son las condiciones controlables con ventilación natural permanente. Óptimas para los ambientes cálidos y húmedos.

Zona 6. Ventilación natural nocturna. Aconsejado para zonas cálidas y combinado con el uso de inercia térmica mejora el resultado.

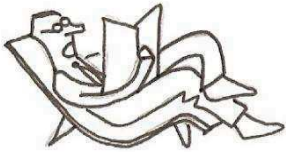
Zona 7. Ganancias internas. Ambientes de frío moderado.

Zona 8 y 9. Sistemas solares pasivos y activos.

Zona 10. Técnicas de humidificación.

Zonas especiales. Sistemas de refrigeración y calefacción convencional.

Zona 1. Bienestar

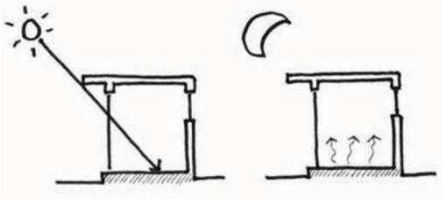


La zona de bienestar del climograma de Givoni representa la zona del año donde las temperaturas alcanzan la zona de confort, y no haría falta por tanto aplicar ninguna estrategia.

Zona 2. Bienestar admisible

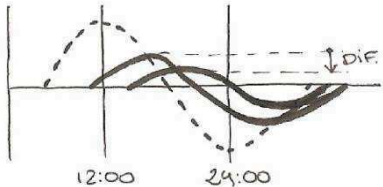
La zona de bienestar admisible señala las zonas del año donde, aunque las temperaturas no están dentro de la zona de confort, no haría falta tampoco el uso de ninguna estrategia por encontrarse en una zona admisible.

Zona 3. Masa térmica

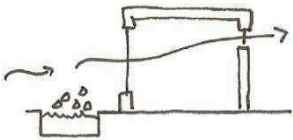


La primera estrategia destinada a disminuir las temperaturas corresponde al uso de masa térmica.

Con la utilización de masa térmica en el interior se permite «almacenar» la energía durante el día y liberarla por la noche. Este efecto eleva las temperaturas por la noche en invierno y en verano, combinado con la ventilación, ayuda a disminuir las temperaturas y conseguir «amortiguar» las temperaturas.



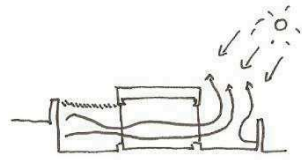
Zona 4. Enfriamiento evaporativo



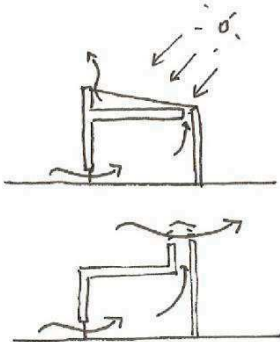
Cuando a las altas temperaturas se le añade una baja humedad relativa, resulta aconsejable el uso de cuerpos de agua que permitan subir la humedad a la vez que enfrían el ambiente.

Este fenómeno suele relacionarse con la ventilación natural y se usan ambas conjuntamente, obteniendo como resultado un descenso considerable de las temperaturas, siendo efectivas aún cuando hay más de 40° en el exterior.

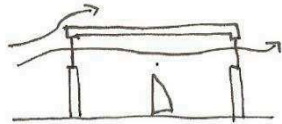
Zona 5. Ventilación natural permanente.



Como se aprecia en el ejemplo anterior, la ventilación junto a técnicas de enfriamiento evaporativo son muy útiles para temperaturas situadas en la parte inferior derecha del climograma. Sin embargo, cuando las temperaturas son altas pero la humedad también, la única estrategia factible es la ventilación, ya sea natural o forzada, para disminuir las temperaturas.



Zona 6. Ventilación natural nocturna.

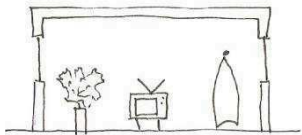


El uso de ventilación natural nocturna sólo es aconsejable en los climas más extremos, donde el resto de estrategias para disminuir la temperatura no han funcionado, o aún quedan días que no están en la zona de confort.

Como se ha explicado en la zona 3, esta estrategia suele estar relacionada con el uso de masa térmica, donde se «almacena» el calor durante el día y, al liberarse durante la noche, se ventila.

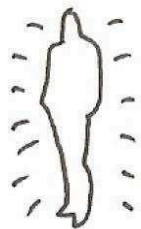
Introducción

Zona 7. Ganancias internas.

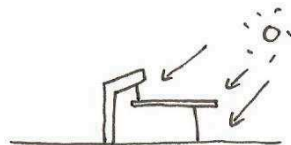


Una vez vistas todas las estrategias destinadas a la disminución de la temperatura, atendemos a las estrategias que permiten el efecto contrario.

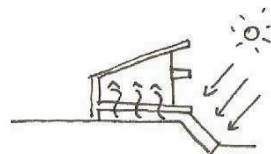
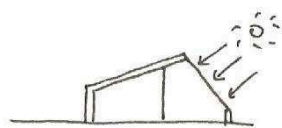
La estrategia más básica sería el uso de las propias ganancias internas del edificio, entre las que se encuentra el calor corporal generado por los ocupantes, la luz, los aparatos eléctricos, y en general el calor producido por el uso que se le da al edificio.



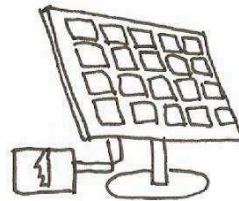
Zona 8. Sistemas solares pasivos.



Cuando se necesita subir las temperaturas de forma considerable, lo más adecuado es el uso de la propia energía solar. Por ello aumentar la superficie de fachada orientada a sur, o utilizar elementos constructivos como muros trombe o acumuladores de calor como invernaderos son las estrategias más utilizadas.



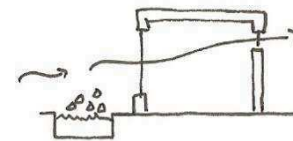
Zona 9. Sistemas solares activos.



Cada vez se utilizamos más tecnología en nuestro día a día, y en la arquitectura no encontramos la excepción.

Por ejemplo, ya es obligatorio la instalación de paneles solares térmicos en los edificios de nueva construcción en España, y cada vez se usan más otras estrategias como energía térmica, aerogeneradores, paneles solares fotovoltaicos o intercambiadores de calor.

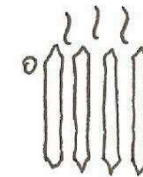
Zona 10. Técnicas de humidificación.



Al igual que el enfriamiento evaporativo, la única solución para aumentar la humedad relativa en el ambiente y por tanto de estabilizar las temperaturas es el uso de técnicas de humidificación.

Con estas medidas se puede subir considerablemente la humedad relativa y, combinándose con las demás estrategias para aumentar la temperatura, hacen más fácil la consecución de la zona de bienestar.

Zona 11. Calefacción convencional.



Cuando las temperaturas exteriores rozan los 0° o menos, las estrategias pasivas no funcionan y lo más aconsejable es el uso de calefacción convencional.

Zona 12. Refrigeración convencional.



Al igual que cuando las temperaturas son demasiado bajas, si tenemos temperaturas demasiado altas la mejor estrategia será el uso de refrigeración.

Programas de simulación

Para el desarrollo de la parte práctica del trabajo y poder obtener unos resultados para poder analizar, se ha de recurrir a aplicaciones informáticas y programas de simulación que permitan el cálculo de temperaturas interiores y previsiones de consumo, así como a programas de diseño específicos u otras características que no son posibles de obtener sin el software adecuado.

- DesignBuilder

Por este motivo el programa principal usado es Design Builder, que permite la cuantificación de cada medida a tomar y su repercusión en temperatura, emisiones o confort, entre otros.

Permite dividir el edificio por zonas, y analizar climáticamente cada una de estas zonas por separado, pudiendo compararse los resultados fácilmente. Gracias a esto se

pueden definir cuatro estancias (una por cada orientación posible) y analizarlas por separado, de forma que se hace visible las diferencias de temperatura entre la zona norte y la zona sur, por ejemplo.

Otra funcionalidad destacable del programa es permitir un cálculo horario, de forma que se pueden ver las diferencias de temperatura, humedad o gastos de calefacción y refrigeración entre el día y la noche para cualquier momento determinado del año.

Este programa será el principal a la hora de realizar el trabajo, ya que permite generar las gráficas sobre las que se elaborarán propuestas de modificación y análisis comparativos que permitan explicar de forma más precisa las diferencias entre los distintos tipos de clima o incluso de las diferencias

entre distintos momentos en un mismo lugar.

- Climate consultant 6.0

Es un software cuyo objetivo es mostrar una variedad de gráficas con escala horaria de datos climáticos para una localización específica. Entre los datos que se pueden obtener se incluye una tabla de datos de temperatura generales, medias de temperatura diurna y nocturna, radiación solar e iluminación, porcentaje de nubes, velocidad y dirección del viento, temperatura del terreno, cartas solares y por último un diagrama de bienestar de Givoni, que permite seleccionar más fácilmente las estrategias de diseño necesarias para conseguir el mayor confort interior.

La principal ventaja de este programa es que se puede calcular el porcentaje de horas al año en las que se

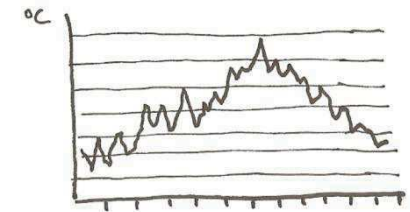
dispone de confort en el interior de la vivienda, dependiendo de la cantidad de estrategias utilizadas.

- Helios

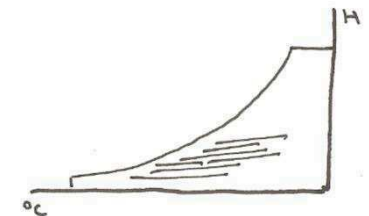
El tercer programa que se usará es el programa de simulación Helios.

Es un software diseñado por Andrew John Marsch en 1994 como parte de su tesis doctoral que permite el diseño de parasoles y obstrucciones para los huecos y calcular las máscaras de capa correspondientes, para cada orientación y diseño de ventana posibles.

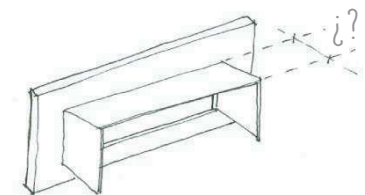
- DesignBuilder



- Climate Consultant 6.0



- Helios



Introducción

Elección de los climas

«Numerosos estudios de aproximaciones exactas o factibles se detienen en el límite del análisis abstracto, y esto es correcto y recomendable en la mayoría de los campos teóricos. Sin embargo, la arquitectura tiene una naturaleza práctica; la valoración de los principios radica principalmente en su posible aplicación a los problemas presentes y futuros»

Víctor Olgay, 1963

Como aclara Víctor Olgay en su libro *Design with climate*, en la arquitectura, al tratarse de un campo de naturaleza práctica, es necesario una aproximación más empírica que la pura teoría.

Por eso en el presente trabajo se estudiarán ejemplos prácticos en diversos climas españoles y la efectividad de las estrategias bioclimáticas

normalmente usadas en cada uno de esos climas.

Como hemos visto anteriormente con los diagramas de bienestar y confort, son dos los valores a tener en cuenta; la temperatura y la humedad.

Con estos dos parámetros

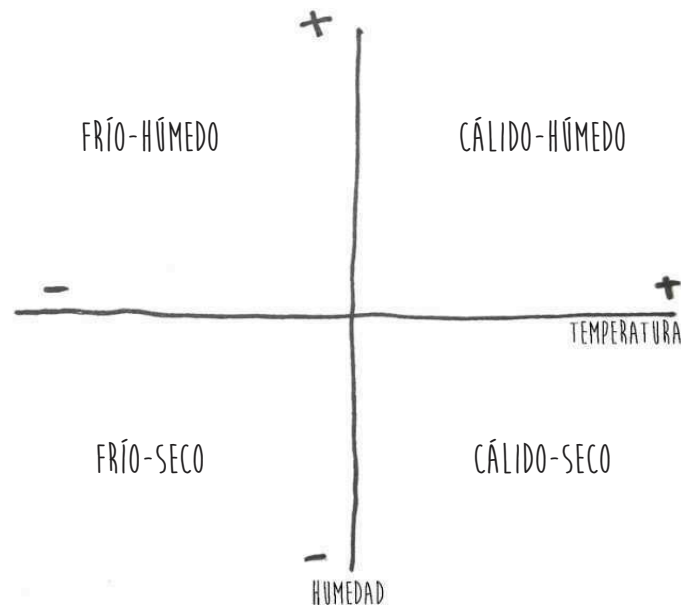


Ilustración 1.6. Clasificación climática de Malte-Brun (1868) representado sobre un eje cartesiano.

definió Victor Adolphe Malte-Brun en 1868 una clasificación climática según criterios higrotérmicos.

En la ilustración 6 podemos ver representado en un eje cartesiano la clasificación de dichos climas.

De hecho Victor Olgay en 1963 ya llegó a una conclusión parecida, dividiendo su libro *Design with climate* en cuatro ejemplos prácticos, que fueron región fría, templada, cálida-árida y cálida-húmeda. En esta ocasión Olgay desestimó la diferencia que hay entre el clima frío con baja y con alta humedad.

En otra obra clave en el tema, *Extreme Architecture*, de Ruth Slavid, se divide en cuatro capítulos (Cálido, frío, altura, húmedo) más un capítulo extra dedicado a la arquitectura espacial.

Por todo esto en este estudio se ha elegido trabajar sobre el término medio, esos cuatro tipos de clima extremos: frío-seco, cálido-seco, frío-húmedo y cálido-húmedo.

En la ilustración 7 de la siguiente página vemos un cuadro que relaciona las principales características de cada uno de los climas.

Pese a que la tabla es válida para todo el globo, en términos generales se puede encontrar cada uno de estos climas en nuestro país. Por eso, para el clima frío-seco se escogerá la ciudad de Molina de Aragón, en la provincia de Guadalajara. El clima cálido-seco corresponde a Sevilla, que pese a lo que se podría pensar, el nivel de humedad no afecta en grandes proporciones al clima de la ciudad.

Los climas húmedos se relacionan con ciudades costeras, eligiendo Cádiz como clima cálido-húmedo y San Sebastián como frío-húmedo.

Climas elegidos

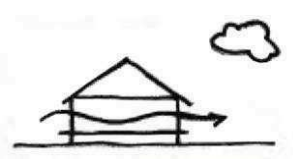
Clima	Construcción	Soleamiento	Temperatura	Humedad
Frío-seco 	<ul style="list-style-type: none"> - Denso - Compacto - Zonificado 	<ul style="list-style-type: none"> - Gran diferencia entre estaciones. - Ángulo solar bajo. 	<ul style="list-style-type: none"> - De baja a muy baja - Pequeña diferencia entre día y noche. - Grandes periodos de congelación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Normalmente baja, apreciable en invierno.
Frío-húmedo 	<ul style="list-style-type: none"> - Orientación sur - Compacto - Zonificado - Masa térmica 	<ul style="list-style-type: none"> - Diferencia apreciable entre estaciones. - Gran porcentaje de soleamiento difuso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diferencia apreciable entre estaciones. - Diferencia clara entre el día y la noche. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta. - Frecuentemente nublado.
Cálido-seco 	<ul style="list-style-type: none"> - Denso - Compacto - Masa térmica - Huecos pequeños 	<ul style="list-style-type: none"> - Poca diferencia entre estaciones. - Soleamiento directo e intensivo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta en la mayor de parte del año. - Gran diferencia entre el día y la noche. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja. - Baja nubosidad.
Cálido-húmedo 	<ul style="list-style-type: none"> - Ligero - Ventilación cruzada 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto y sin diferencia apreciable entre estaciones. - Gran porcentaje de soleamiento difuso. - Ángulo solar alto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta durante todo el año. - Pocas diferencias entre el día y la noche. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta. - Frecuentemente nublado.

Ilustración 1.7. Tabla comparativa de los cuatro climas a estudiar. Datos obtenidos de Energie PLUS. Fisch, Wilken y Stähr.

Introducción

Clima frío-seco

Debido a la inclinación de la tierra respecto al plano del sol, ciertas latitudes terrestres tienen un ángulo de incidencia solar muy bajo.

Como consecuencia, la radiación solar es muy escasa ya que tiene que atravesar gran cantidad de masa atmosférica, y por tanto la temperatura en la superficie puede llegar a ser extremadamente baja.

Este tipo de clima no sólo existe en las zonas polares; también el clima de montaña puede considerarse un clima frío-seco. La diferencia radica en la cantidad de radiación solar de que se recibe, que permite aplicar estrategias de captación solar y de conservación de energía. En los climas polares la primera no es posible, ya que existe incluso zonas donde no se llega a ver el sol en seis meses.

Debido a la inhospitalidad de los climas polares, la gran mayoría de la escasa arquitectura de los climas fríos-secos se concentra en la arquitectura de montaña. Como ejemplos en la arquitectura polar podríamos encontrar desde los iglús y los lavos lapones, hasta las yurtas de Siberia.

Sin embargo en la arquitectura de montaña encontramos muchos más ejemplos de arquitectura tradicional a lo largo de todo el globo.

Por sus particularidades hay pocas ciudades que tengan este clima, aunque algunas de las principales ciudades con clima más frío están en el norte de Canadá, la península escandinava o en Siberia, Rusia.

Las estrategias más comunes en este tipo de clima montañoso son:

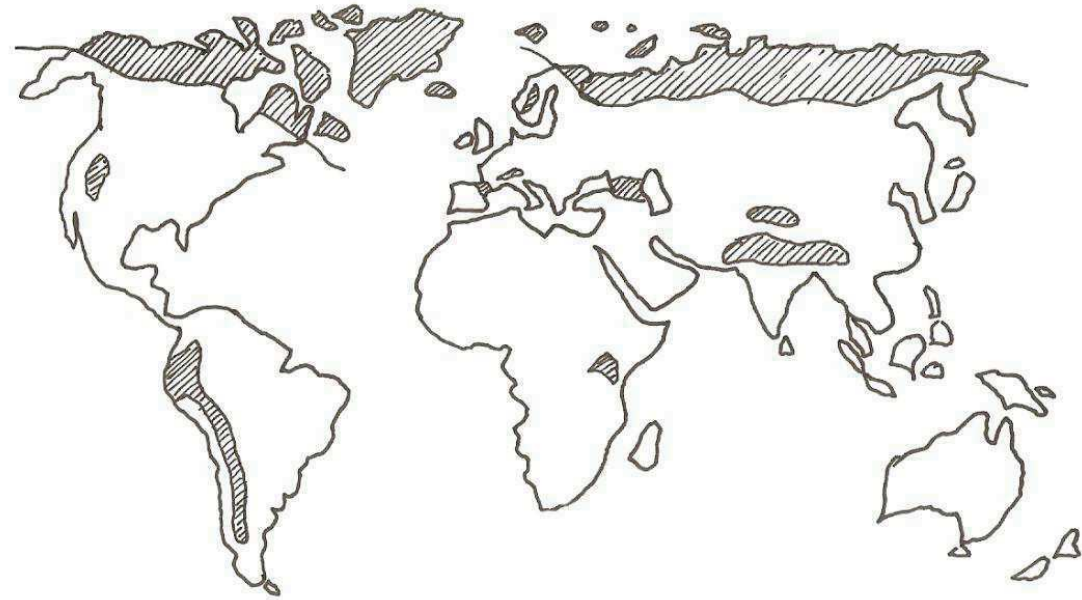
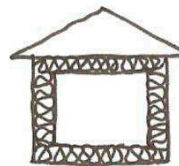
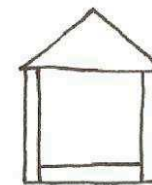


Ilustración 1.8. Distribución del clima polar y clima de montaña en la tierra.

1. Aislamiento térmico y conservación de la energía.



2. Inercia térmica.



3. Captación solar.

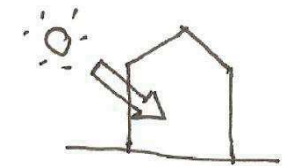


Ilustración 1.9. Estrategias básicas comunes en los climas de montaña. González Neila, 2004

Clima cálido-seco

Si en la página anterior las particularidades climáticas venían determinadas por la baja inclinación de la radiación solar, en este tipo de clima ocurre el fenómeno contrario; en las latitudes cercanas al ecuador la radiación incide de manera muy perpendicular, de forma que atraviesa menos masa atmosférica y la temperatura en la superficie aumenta considerablemente.

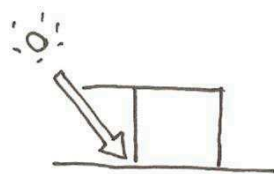
Si a este efecto le añadimos que la humedad es baja, debido a la ausencia de cuerpos de agua en las cernanías, tenemos los climas áridos y secos. La principal característica es que esa falta de humedad hace que cuando la radiación solar desaparece por la noche las temperaturas desciendan bruscamente, siendo muy característico de este tipo de climas la diferencia de temperatura entre el día y la noche.

Otra característica importante es que debido a este efecto, si la latitud no supera los 20° no habrá diferencias de temperatura entre las estaciones, y si se superan, estas diferencias apenas serán notables.

Pese a la severidad de este tipo de clima, hay un gran porcentaje de población de la tierra que vive en ellos, ya que países enteros en América, los países de Oriente Medio o grandes partes de Asia pertenecen casi en su totalidad a este tipo de clima.

Estrategias principales:

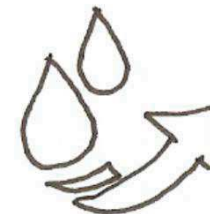
1. Protección solar.



2. Masa térmica



3. Enfriamiento evaporativo



4. Enfriamiento radiante

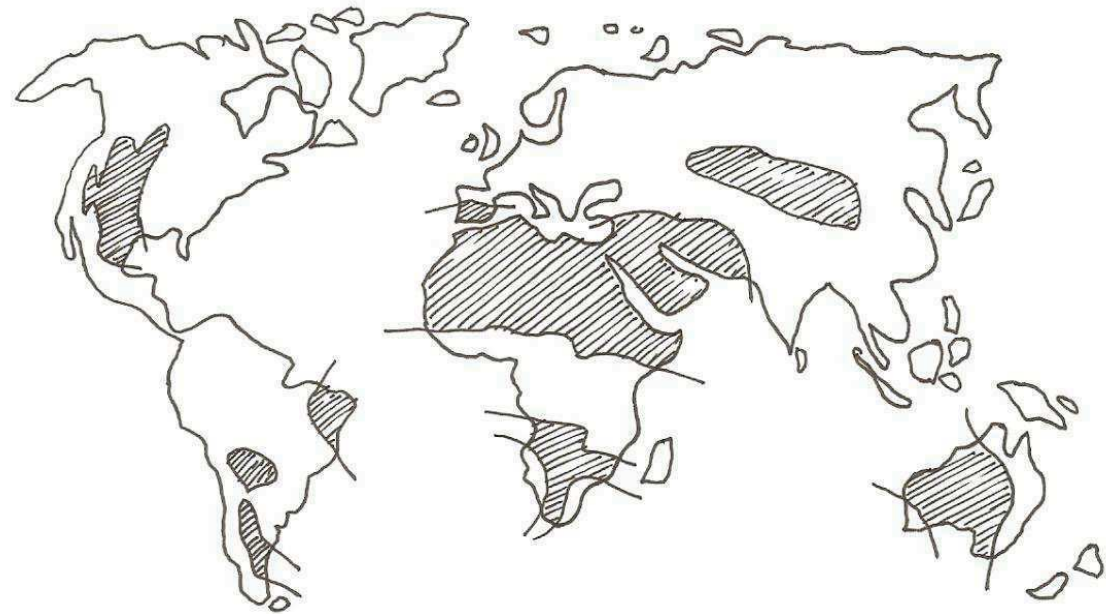
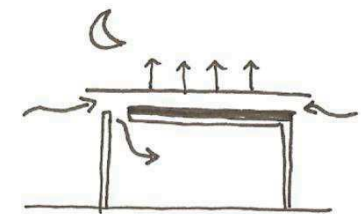


Ilustración 1.10. Distribución del clima cálido y seco en la tierra.

Ilustración 1.11. Estrategias básicas comunes en un clima cálido-seco. González Neila, 2004

Introducción

Clima frío-húmedo

Este tipo de clima se da en las latitudes medias, más cercanas a las latitudes polares que a las ecuatoriales.

Dentro de este tipo de clima se pueden incluir clasificaciones más precisas como podrían ser el clima continental húmedo o el clima oceánico.

La temperatura media suele ser poco superior a los 10°, con inviernos duros y veranos más suaves. Debido a la humedad y a la presencia de cuerpos de agua de tamaño considerable o de abundantes precipitaciones la diferencia de temperatura entre invierno y verano es menos acusada que en los climas que se han visto hasta ahora.

Cuanto mayor sea la latitud, más duros serán los inviernos, debido a la influencia de los vientos

polares. Frente a esta influencia la humedad relativa del ambiente es suficiente para poder ser una influencia en las temperaturas.

La mayor parte de la población se concentra en este tipo de clima, ya que el norte de América, casi la totalidad de Europa y buena parte de Asia tiene este tipo de clima.

En verano en ciertos lugares puede alcanzarse mayores temperaturas a las de confort, y por tanto pueden variar las estrategias dependiendo de la estación. Aún así la mayor parte del año se tenderá a captar la energía solar y evitar su pérdida mediante un buen uso del aislamiento térmico.

Las estrategias básicas serían:

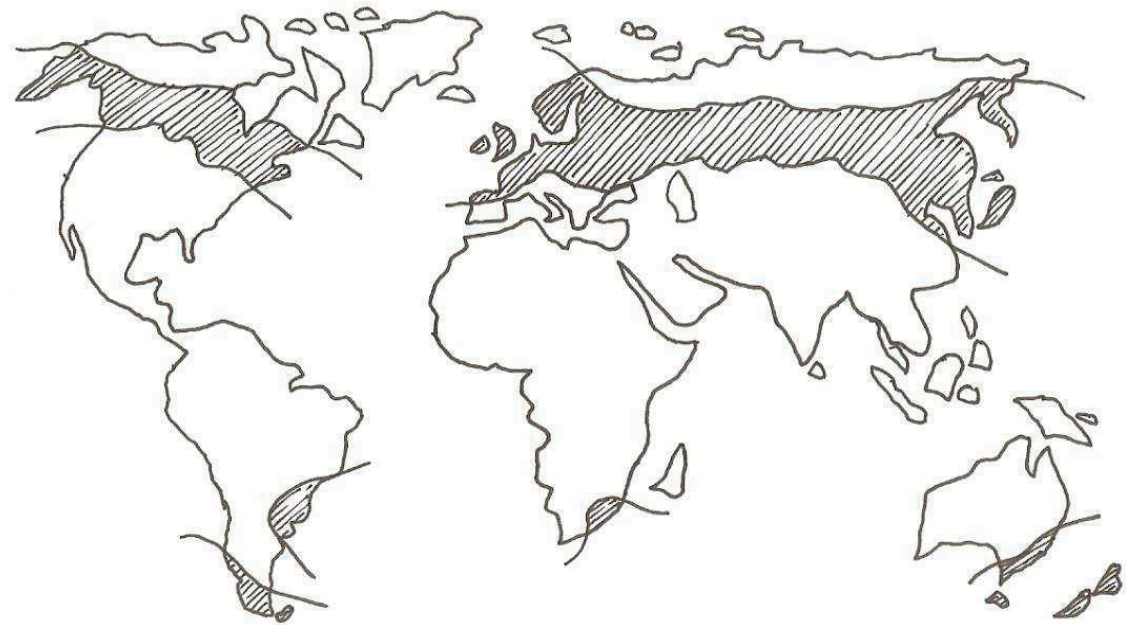
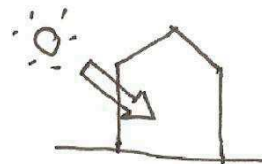
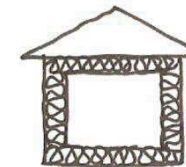


Ilustración 1.12. Distribución del clima frío y húmedo en la tierra.

1. Flexibilidad ante la radiación solar (captación solar principalmente; eventualmente protección).



2. Aislamiento térmico.



3. Ventilación

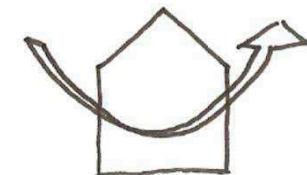


Ilustración 1.13. Estrategias básicas comunes en un clima frío-húmedo. González Neila, 2004

Clima cálido-húmedo

Al igual que en el clima cálido y árido, las altas temperaturas son debidas al ángulo de incidencia del sol sobre la tierra, muy cercano a los 90°, que hace que atraviese muy poca masa atmosférica y aumente las temperaturas.

La diferencia con este clima es la humedad relativa del ambiente, debido a la presencia de cuerpos de agua o de precipitaciones de forma más o menos regular. A este efecto, que además reduce las temperaturas, se le añade la nubosidad que hace disminuir la radiación solar durante buena parte del año. Estos dos fenómenos juntos implican poca oscilación de temperaturas entre el día y la noche y, debido a su latitud, una diferencia de temperaturas muy baja entre estaciones.

El factor humedad también aumenta la sensación de calor para el ser humano, lo que hace de la sobrehumectación un elemento muy perjudicial que ha de combatirse con una ventilación muy intensa.

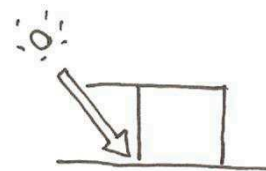
Pese a la aparente severidad de este clima encontramos que las zonas más densamente pobladas del mundo, como la India, el sureste asiático e Indonesia pertenecen a este tipo de clima.

Por eso la arquitectura popular de estas culturas están muy ligadas al clima, y todos los esfuerzos se destinan a hacer descender las temperaturas y la humedad relativa en el ambiente. Por eso las principales estrategias son:



Ilustración 1.14. Distribución del clima cálido y húmedo en la tierra.

1. Protección solar



2. Ventilación

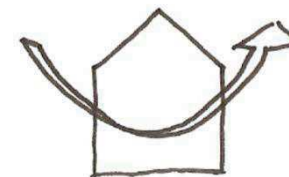


Ilustración 1.15. Estrategias básicas comunes en un clima cálido-húmedo. González Neila, 2004

Introducción

Zonas climáticas en España

Aunque España tiene muchas zonas climáticas distintas, está enclavada entre los 36° y los 44° de latitud norte. Esto, en teoría, implicaría un clima mediterráneo templado húmedo con veranos secos. Sin embargo, y debido entre otras cosas a la particularidad de la orografía de nuestro país, nos encontramos con una mayor diversidad climática, lo que se refleja también en la arquitectura popular de nuestro país. Por ejemplo nada tienen que ver los hórreos del norte de la península, que tienen como función aislar de la humedad del terreno, con la arquitectura popular andaluza, tradicionalmente de paredes encaladas y cubierta plana.

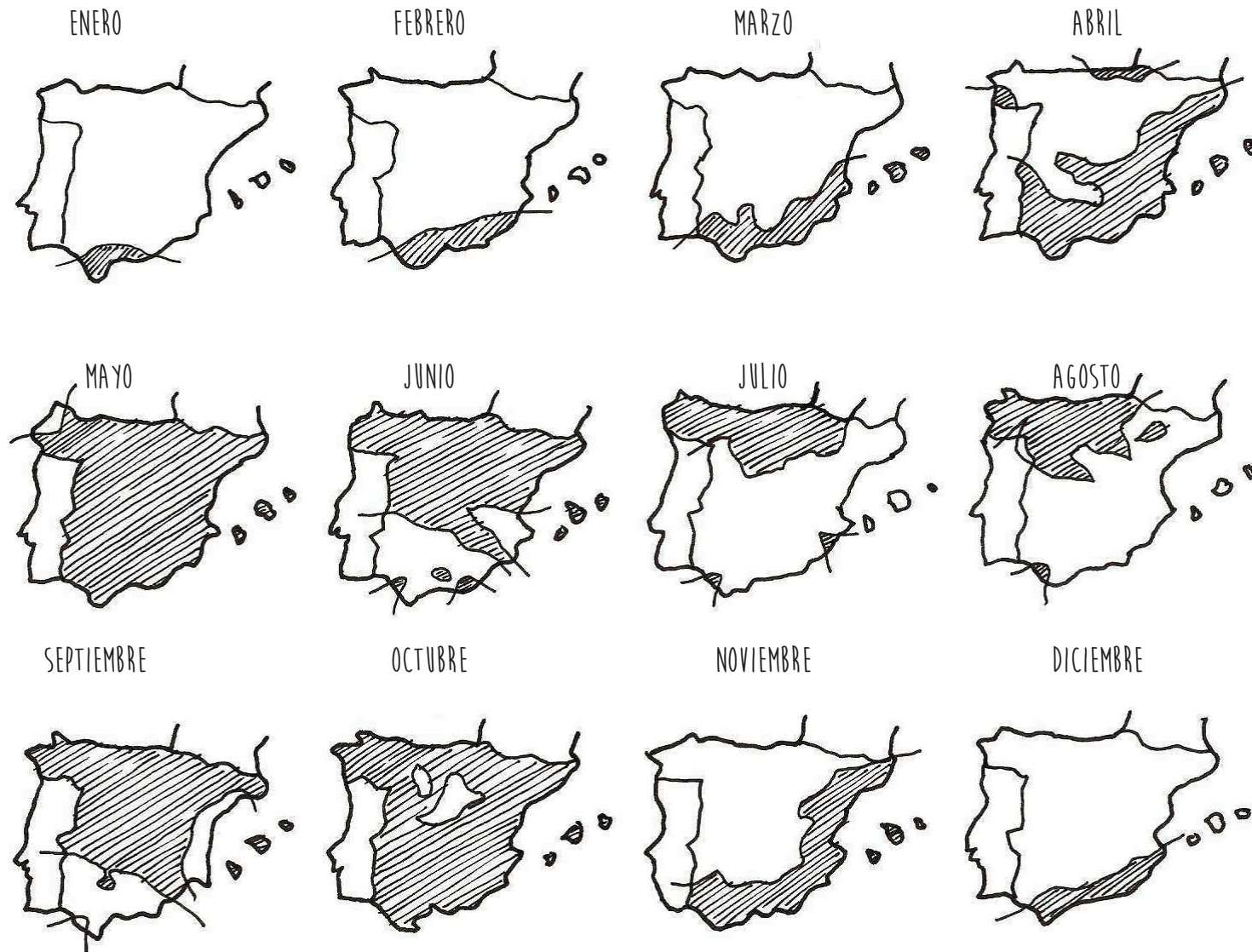


Ilustración 1.16. Efecto combinado de temperatura, humedad y velocidad en viento en España. Zonas de bienestar de Oíza. Obtenido del Anexo a la edición española de Susana Rodríguez Alemparte, del libro *Design with Climate*, de Victor Olgay (1963).

Climas elegidos

Ciudades elegidas

Como se ha visto anteriormente, los cuatro climas más representativos para el estudio son el clima frío-seco, cálido-seco, frío-húmedo y cálido-húmedo.

España no es un país de extremos, pero aún así podemos encontrar ejemplos de estos cuatro climas.

Por ejemplo, la zona sur de la península se caracteriza por las altas temperaturas durante la mayor parte del año, y el grado de humedad se define por la cercanía al mar, teniendo las ciudades costeras una mayor humedad relativa media durante todo el año que ciudades del interior de la península.

Mientras tanto, las zonas de montaña del interior tiene un clima por lo general frío, al igual que en el norte de la península, donde la cercanía al Cantábrico sube la humedad relativa.

Frío-húmedo: San Sebastián

San Sebastián tiene una temperatura bastante baja a lo largo del año, y gracias a su condición de ciudad costera la humedad relativa en el ambiente es considerablemente alta.

La captación solar, el aislamiento térmico y la ventilación son estrategias básicas en este tipo de climas.

Frío-seco: Molina de Aragón

Clima caracterizado por muy bajas temperaturas a lo largo del año, una humedad relativa en el ambiente también baja y escasas precipitaciones, y en su mayoría en forma de nieve.

Las estrategias están encaminadas a la captación solar y a evitar la pérdida de energía con buen aislante térmico y sistemas de inercia.

Cálido-húmedo: Cádiz

Por la situación especial de la ciudad de Cádiz, es una de las ciudades con mayor humedad relativa de España. Sumando esto a las altas temperaturas es una de las ciudades cálido-húmedas con el clima más extremo.

El urbanismo gaditano está adaptado a este tipo de clima, con calles estrechas a donde no llega la radiación.

Cálido-seco: Sevilla

El clima de Sevilla, pese a contar con el río Guadalquivir, es en la mayor parte del año seco y excesivamente cálido. La humedad relativa en el ambiente es baja y las precipitaciones escasas.

Por eso la arquitectura tradicional del interior de Andalucía tiene como fin la protección solar y el enfriamiento evaporativo.



Ilustración 1.17. Situación de las ciudades elegidas en España.

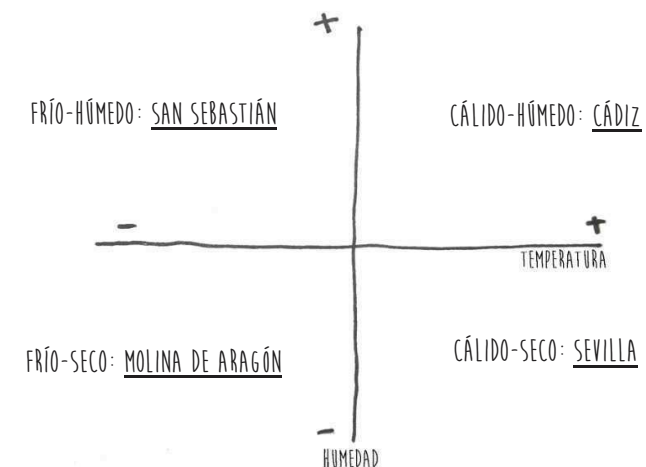


Ilustración 1.18. Clasificación climática de Malte-Brun (1868) con las ciudades elegidas.

Introducción

Construcción: Exigencias CTE

En la Sección 01 del Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE-DB-HE) se hace referencia a la limitación de demanda energética en edificios de nueva construcción y rehabilitaciones de edificios existentes de considerable tamaño.

Debido a la gran cantidad de climas que tiene España, el CTE divide las demandas, exigencias y limitaciones según la zonificación climática en la que se encuentre la edificación. El CTE divide por tanto el territorio español en 12 zonas, asignando a cada una de estas zonas una letra (que tiene relación con la severidad climática en invierno) y un número (que se relaciona con la severidad en verano).

Transmitancia de cerramientos y particiones.	Valores máximos y mínimos (W/m ² K)
Muros de fachada	1,22 – 0,74
Suelos	0,69 – 0,62
Cubiertas	0,65 – 0,46
Vidrios y marcos	5,70 – 3,10
Medianerías	1,22 – 1,00

Permeabilidad al aire de las carpinterías	Valor (m ³ /h m ²)
Zonas A y B	50
Zonas C y D	27

Los parámetros que se tienen en cuenta como exigencias para limitar la demanda energética son la transmitancia térmica, las condensaciones y la permeabilidad del aire.

De estas tres, la más detallada es la transmitancia térmica,

y a su vez marca el máximo valor posible para los muros de fachada, los suelos, las cubiertas, los vidrios y marcos de los huecos y las medianerías.

Ilustración 1.19. Tabla de exigencias del CTE-HE.

Estándar Passivhaus

«Un edificio Passivhaus es aquel que puede garantizar el confort climático suministrando la energía para la calefacción y/o refrigeración solo a través del aire de la ventilación. Este caudal de ventilación es el mínimo necesario para garantizar la higiene de las estancias interiores (30m³/h en uso residencial)»

Definición oficial del estándar Passivhaus.

A diferencia de las exigencias de la normativa española, el estándar Passivhaus es independiente del clima donde se encuentre.

Para que una vivienda determinada pueda certificarse por el Institut Passivhaus ha de cumplir cuatro condiciones:

1. Demanda de energía para calefacción de 15 kWh/m²a

2. Demanda de energía para refrigeración de 15 kWh/m²a

3. Consumo de energía primaria para calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria y electricidad de máximo 120 kWh/m²a.

4. Hermeticidad al paso del aire máximo permitido 0,6/h.

A parte de estos cuatro criterios existen otros, denominados *indirectos*, como la temperatura del aire en verano, criterio de higiene, de confort y la velocidad del aire.

Pese a que la certificación está orientada a las limitaciones de energía, también se recomiendan unos valores de transmitancia mínimos, de 0,15 W/m²K en los muros de fachada y de 0,8 W/m²K para las ventanas, muy inferior a lo exigido por la norma española.

Definición del banco de prueba

- Concepto

Para un correcto desarrollo del trabajo se necesita el mismo prototipo de experimentación como una constante, para que sólo sean las condiciones exteriores la única variable.

Sobre este «banco de pruebas» se realizarán modificaciones específicas en cada clima para estudiar su comportamiento bioclimático, analizando los cambios propiciados por esas decisiones para demostrar su idoneidad.

- Huecos

Los huecos en fachada se han diseñado para cubrir un 40% de la superficie y una altura de alféizar de 1,5 metros. Estas medidas pueden sufrir modificaciones si así se requieren en los climas a estudiar.

- Propiedades

A la hora de elegir unos valores de transmitancia iniciales de la vivienda, se elige los marcados por el estándar Passivhaus, por ser más restrictivos que las exigencias propuestas por el Código Técnico de la Edificación. Por tanto las transmitancias de los muros de fachada, forjado y cubierta serán de $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ y para las ventanas de los huecos será de $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Con el fin de mantener la independencia de cada una de las estancias del prototipo, y que no exista traspaso de energía de una a otra se proponen tabiques interiores adiabáticos, relacionándose cada una de las habitaciones con el exterior sólo por su fachada. De este modo se podrá estudiar cada estancia por separado sin influencia de las demás, sin perjuicio

de que en un momento determinado pueda eliminarse esta característica si así se concluye con los análisis parciales con el fin de mejorar las condiciones interiores.

Así mismo la vivienda se elevará un metro del terreno, con el objeto de aislarse del mismo.

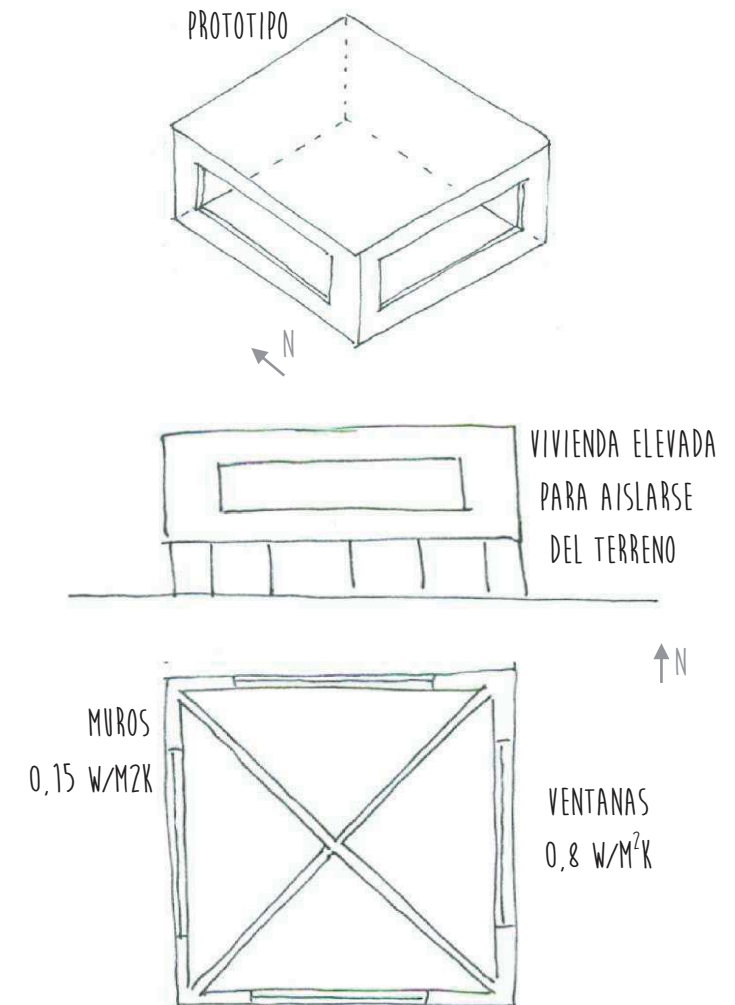
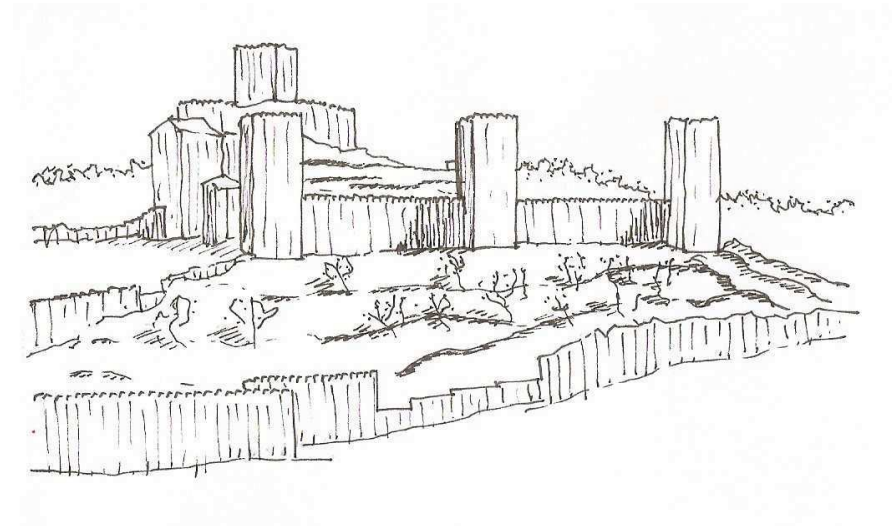


Ilustración 1.19. Esquemas de axonometría, alzado y planta del prototipo.

Capítulo 2 | Clima frío-seco | Molina de Aragón

Subíndice

Introducción	24
Datos bioclimáticos	25
Análisis I	27
Conclusiones parciales I	29
Análisis II	31
Conclusiones parciales II	32
Análisis III	33
Conclusiones finales	34



Molina de Aragón

Introducción

- Situación

Molina de Aragón es una ciudad situada al este de la provincia de Guadalajara, en Castilla-La Mancha.

- Clima

Goza de un clima frío dentro del contexto ibérico, pero con un importante grado de continentalidad, lo que proporciona veranos relativamente cálidos. Se encuentra protegido de las masas de aire marítimo por las montañas, por lo que el ambiente es seco y eso da lugar a grandes oscilaciones de temperatura.

- Condicionantes ambientales

Los inviernos son bastante fríos y rigurosos, con precipitaciones escasas y en su mayor parte, en forma de nieve.

Los veranos son agradables, alcanzando una temperatura

media de más de 20°. Las precipitaciones en el periodo estival son muy escasas, por lo que la falta de humedad hace aún más notorio las diferencias de temperatura.

- Historia

Aunque durante la edad media tuvo un gran esplendor, con el paso del tiempo la ciudad sufrió nefastas reformas que provocaron un vacío poblacional y un envejecimiento que aún hoy en día es visible en la ciudad, recuperada en parte gracias al turismo regional.

- Geografía

La ciudad se encuentra enclavada en el valle del río Gallo, un río con muy escaso caudal, a más de 1000 metros de altura.

Al norte de la ciudad se encuentra un macizo rocoso que se eleva sobre la ciudad donde está situado el castillo.



Ilustración 2.1. Situación de Molina de Aragón en España.

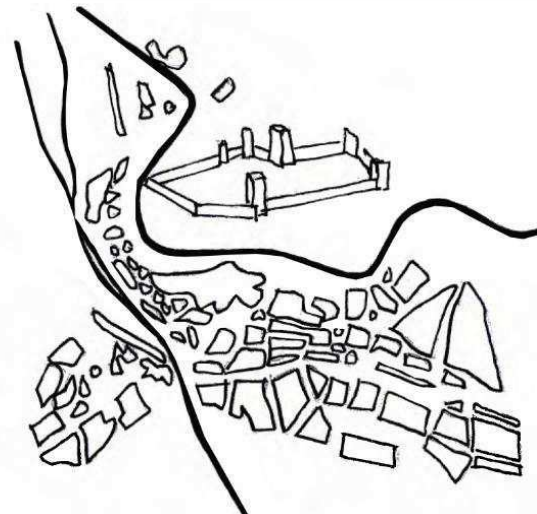


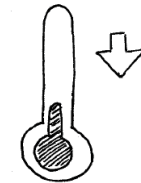
Ilustración 2.2. Ciudad de Molina de Aragón.

ELEMENTOS CLAVE

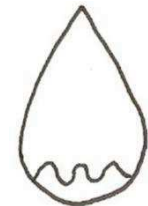
(1). Clima caracterizado por:

- Latitud: 40,85°

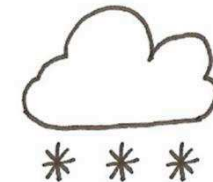
- Bajas temperaturas a lo largo del año.



- Muy baja humedad relativa en el ambiente.



- Precipitaciones en su mayoría en forma de nieve.



Clima frío-seco

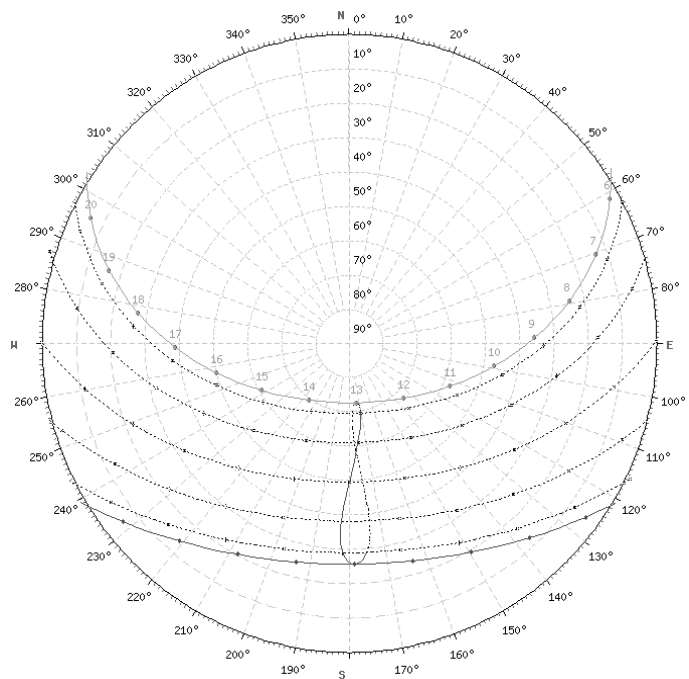


Ilustración 2.3. Carta solar. Datos obtenidos de www.sunearthtools.com.

Datos bioclimáticos

- Carta solar

Como se puede observar en la carta solar, son muchas las horas de radiación al año, especialmente en verano, ya que en el solsticio se llega a tener más de 15 horas de luz, mientras que en invierno se reducen a 10.

Esta carta solar será de ayuda para diseñar los futuros elementos de protección solar así como para definir unas buenas estrategias bioclimáticas.

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. Media (°C)	2,5	3,7	6,6	8,5	12,5	17,1	20,2	19,9	15,88	10,9	5,9	3,1	10,5
Precip. total (mm)	26,7	16,9	27,8	50,5	66,3	48,0	21,5	26,2	47,4	50,4	39,2	36,3	468,0
Días de precip. (> 1 mm)	6	5	6	9	9	6	3	4	5	8	7	7	74
Días de nevadas	4	4	3	3	1	0	0	0	0	0	2	3	18
Horas de sol	135	154	202	195	222	271	327	304	321	174	123	112	2440
Humedad rel. (%)	73	66	60	61	59	53	47	48	57	67	72	75	61

Tabla 2.1. Parámetros climáticos promedio de Molina de Aragón (1981-2010). Datos obtenidos de Agencia Estatal de Meteorología (www.aemet.es).

- Datos climáticos

Es un clima que presenta las características propias del clima mediterráneo, pero con acusados elementos derivados de la continentalidad y de la altitud. Por este motivo encontramos una fuerte oscilación térmica entre invierno y verano, así como entre el día y la noche.

Los inviernos son largos y rigurosos, y frecuentemente encontramos las temperaturas mínimas absolutas de España. La precipitación no es excesiva en ninguna época del año, lo que remarca el carácter seco del lugar.

Los veranos son aún más secos que los inviernos. Tanto las temperaturas como las precipitaciones se ven muy influenciadas por la altitud.

- Rosa de los vientos

La figura 4 representa la distribución de la dirección del viento tanto en verano (primera imagen), como en invierno (segunda imagen). Así vemos como en Molina de Aragón, durante todo el año, el viento predominante de media es de 247°, dirección este-sureste. La variación entre verano e invierno no es muy grande, reseñando solo una presencia mayor de vientos en invierno.

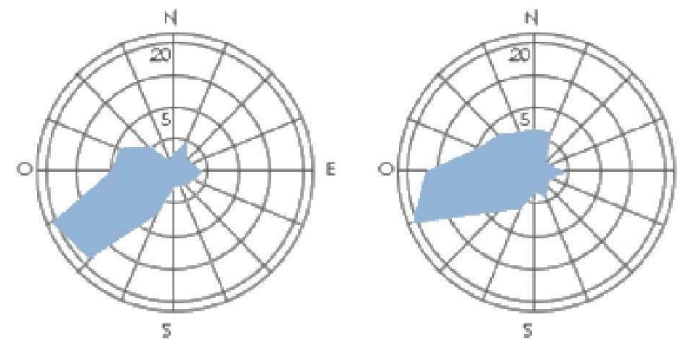


Ilustración 2.4. Distribución de la dirección del viento (en %) en verano e invierno. Datos obtenidos de: IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), 2010.

Molina de Aragón

ELEMENTOS CLAVE

- Sistemas idóneos a aplicar:

1. Alta masa térmica
2. Ganancias internas
3. Sistemas solares pasivos
4. Sistemas solares activos

Aplicando estos sistemas se conseguiría, teóricamente, que un 60% de las horas del año no se necesitase sistemas de calefacción ni refrigeración.

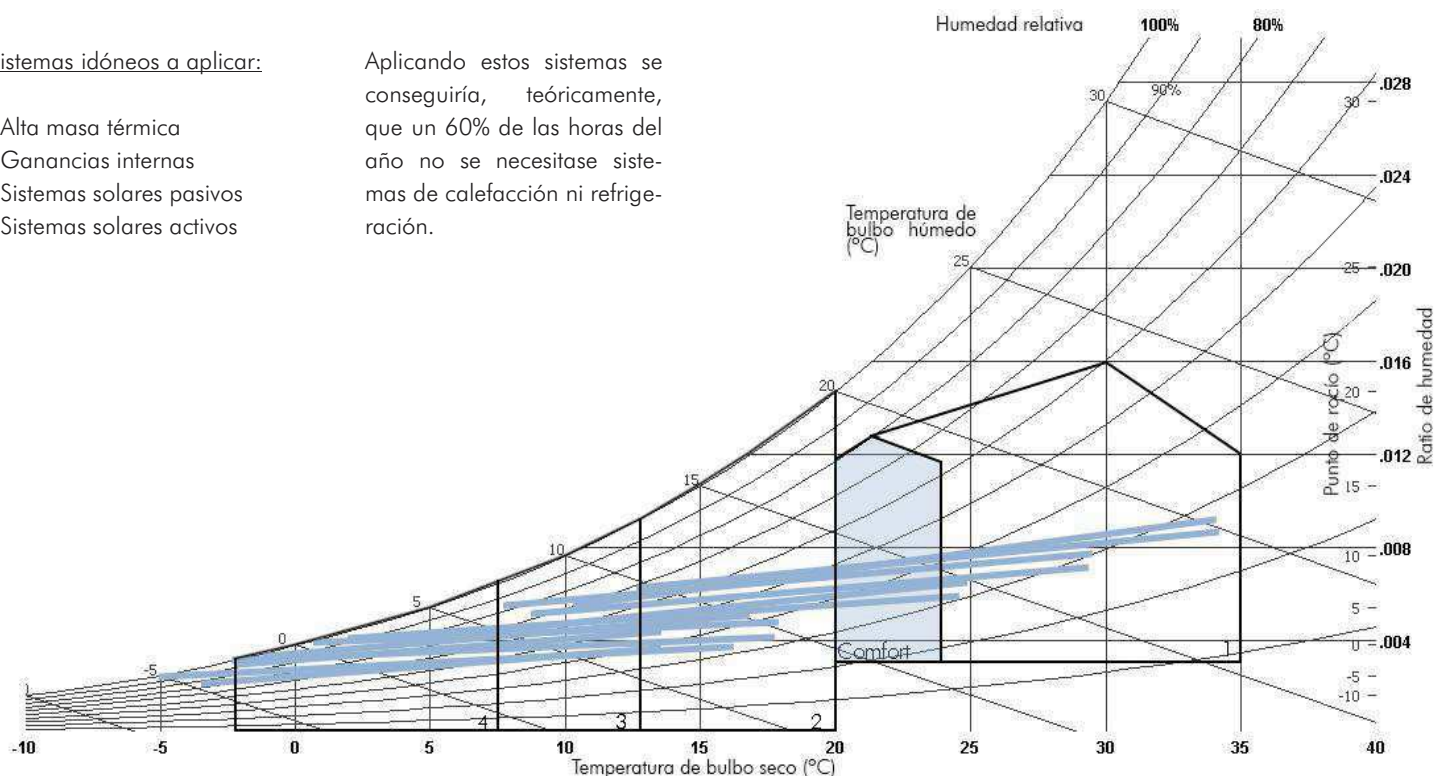


Ilustración 2.5. Climograma de Givoni y datos de porcentaje de confort. Obtenidos con el programa Climate Consultant 6.0.

- Climograma

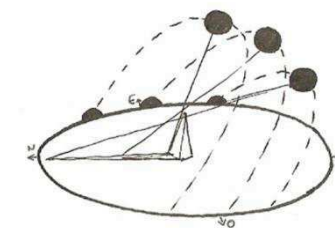
Como podemos observar en la ilustración 5 y como ya pudimos ver en las tablas de temperatura anteriores, tenemos un clima particularmente frío en invierno y moderado en verano.

Las estrategias básicas serían la captación pasiva de energía solar, para aumentar las temperaturas hasta la zona de confort, mientras que en verano, y sólo durante muy pocas horas comparado con el resto del año, haría falta una ventilación

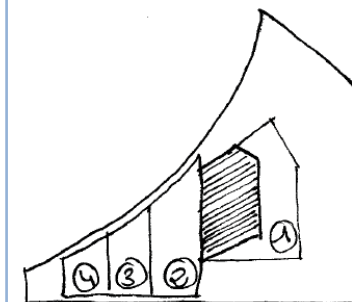
eficaz para bajar la temperatura.

Otras soluciones comunes que se toman en los últimos tiempos para este tipo de programas es la orientación principalmente al sur del edificio, incluido en las habi-

taciones norte gracias a lucernarios en la cubierta, así como muros trombe o instalaciones de ventilación forzada con sistemas de recuperación de calor.



(2).- Según el climograma de Givoni, las estrategias más adecuadas serían:



1. Alta masa térmica
2. Ganancias internas
3. Sistemas solares pasivos
4. Sistemas solares activos

Clima frío-seco

Análisis I

Se procede al análisis bioclimático de la vivienda con el programa de simulación DesignBuilder, proporcionándonos datos de confort, temperaturas interiores y exteriores y gastos de consumo en calefacción y refrigeración.

En el anexo B se pueden ver todas las tablas obtenidas, resultando interesante la comparación entre las temperaturas interiores de las zonas norte y sur. Gracias a la mayor ganancia solar de la zona sur, en ésta se obtienen mayores temperaturas interiores, incluso excesivas en verano, mientras que en invierno en ambas zonas se consiguen temperaturas muy bajas.

En la ilustración 7 podemos ver los gastos de calefacción y refrigeración que necesitaríamos para aclimatar la vivienda.

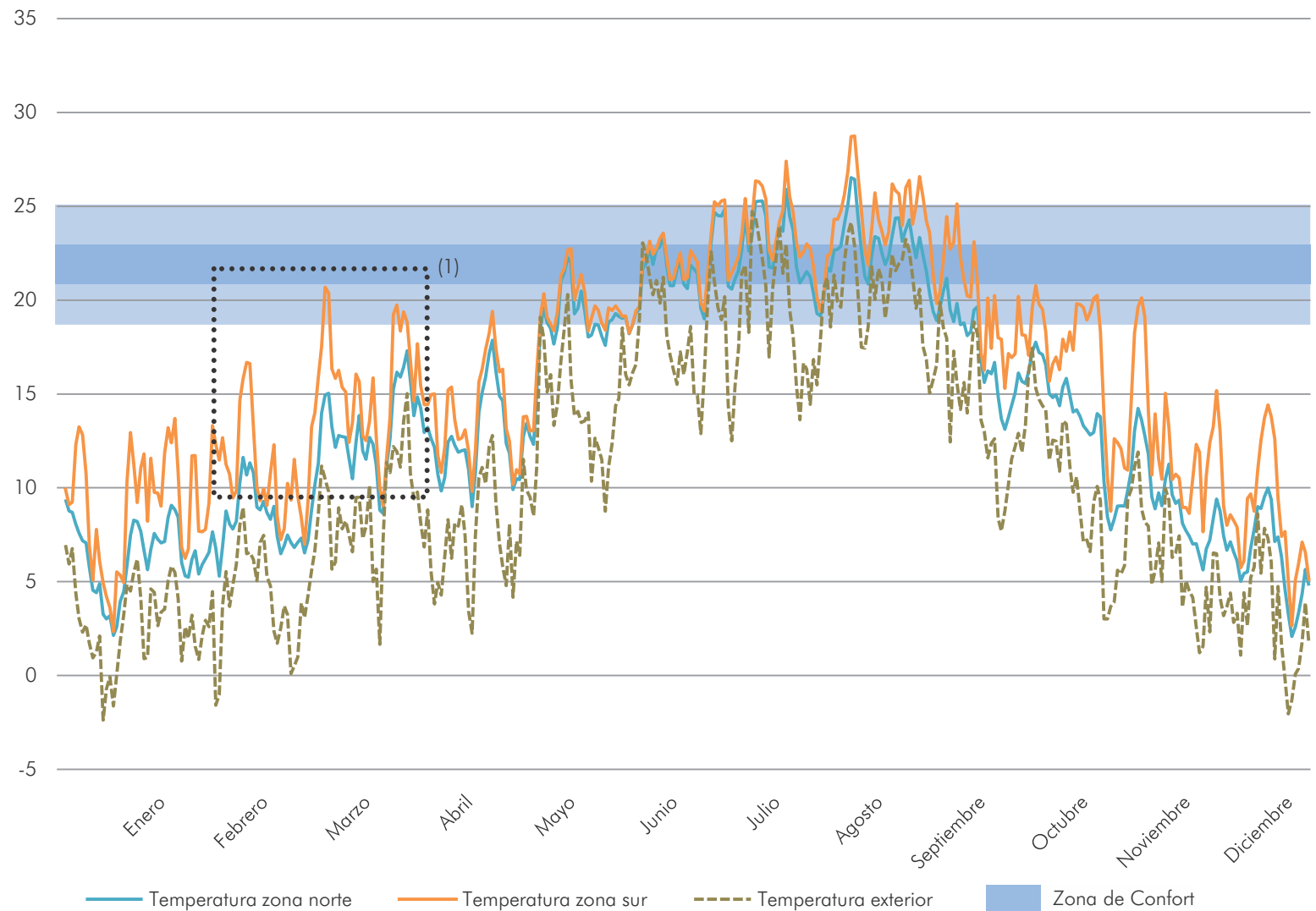


Ilustración 2.6. Temperaturas anuales de confort (°C) en la zona sur.

Molina de Aragón

ELEMENTOS CLAVE

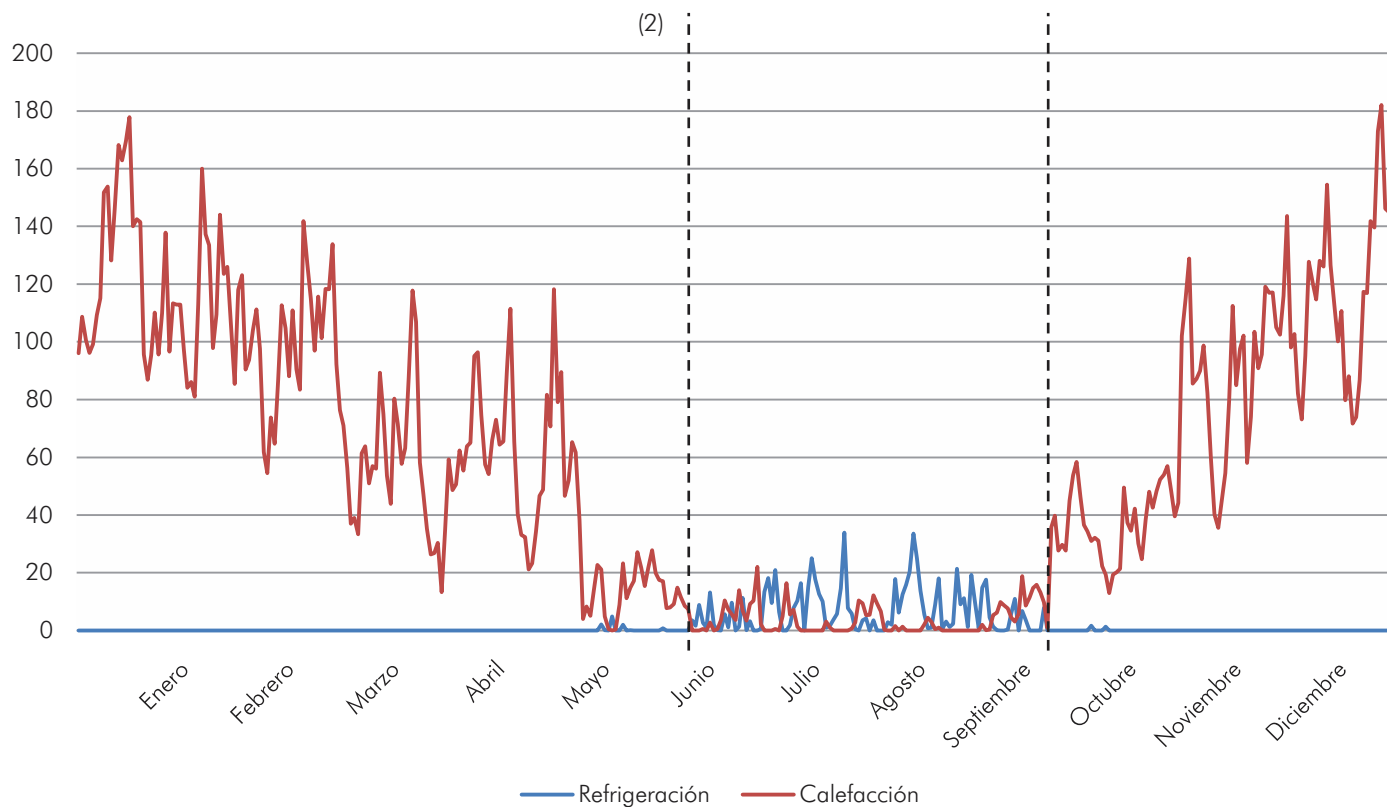
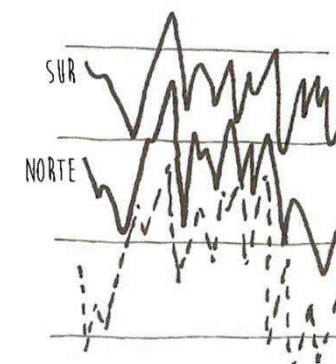


Ilustración 2.7. Desglose de gastos de energía (KWh) necesarios para aclimatar la vivienda.

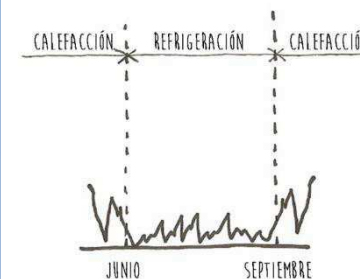
Energía demandada total (KWh)	Energía demandada por m ² (KWh/m ²)
14946,50	179,19

Tabla 2.2. Energía total consumida por el edificio.

(1).- Gran diferencia de temperatura entre las estancias norte y sur.



(2).- Marcada diferencia entre verano (necesidad de refrigeración de junio a septiembre) e invierno (necesidad de calefacción de octubre a mayo).



Clima frío-seco

Conclusiones parciales I

Como se puede observar en las gráficas de los anexos, la zona norte es la más perjudicada, ya que las ganancias solares son muy escasas (16 kWh), y eso conlleva a un descenso de las temperaturas mayor que en el resto de la vivienda.

Por eso se propone la eliminación de la ventana a norte para construir un lucernario con las mismas dimensiones que la ventana y con orientación sur que permita iluminación natural con además ganancia solar directa.

El verano en la habitación sur ocurre el efecto contrario, tenemos un exceso de soleamiento. Esto puede solventarse con la instalación de parasoles fijos que permitan un sombreado apropiado en verano pero que permitan que la luz penetre en invierno.

Pero, ¿cuándo necesitamos ganancias solares y cuándo protección?

En la ilustración 11 observamos una marcada diferencia entre estaciones, y la mayor diferencia se da entre la época fría y la época cálida, caracterizadas por el uso exclusivo de calefacción y de refrigeración, respectivamente.

Por tanto se concluye que del mes de mayo a septiembre necesitamos protección, y justo al contrario necesitamos ganancias solares para aumentar la temperatura interior.

Desgraciadamente no es posible conseguir con un parasol fijo sombreado sólo de mayo a septiembre, ya que si se sombrea en septiembre también se sombreada en marzo. Por eso, debido a las particularidades del clima frío y a que se consume más energía en calefacción que en refrigeración, se decide ponerse del lado de la ga-

nancia solar y se colocará el parasol para que sombree solamente de abril a agosto, tal y como se muestra en la ilustración 9. Como conseguir un parasol que sombree justo esos meses es imposible, se calcula las medidas del parasol que más se aproxima, cuyo sombreado resulta en la ilustración 10.

Por tanto, las medidas del parasol más efectivo para la orientación sur de nuestro edificio son:

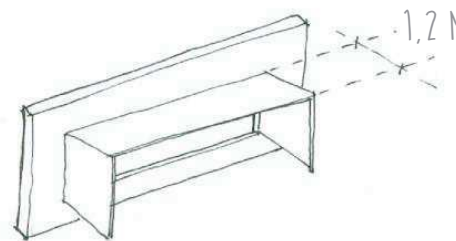


Ilustración 2.8. Medidas del parasol sur.

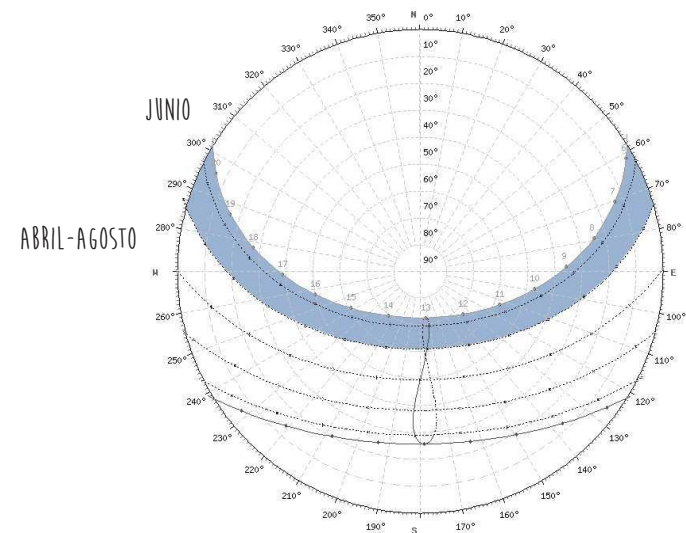


Ilustración 2.9. Sombra necesaria para alcanzar el diagrama de confort en la zona sur.

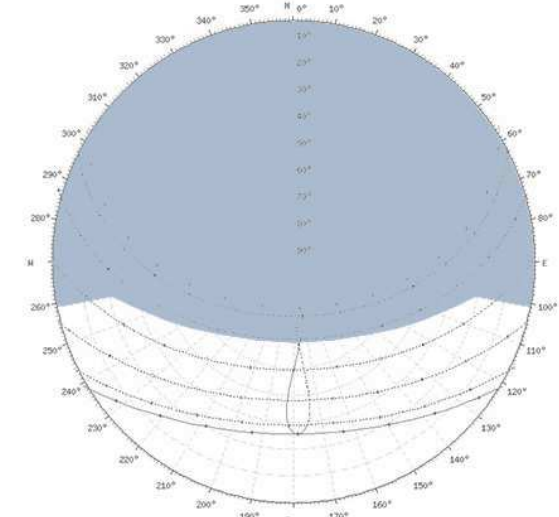
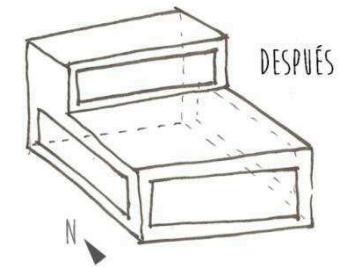
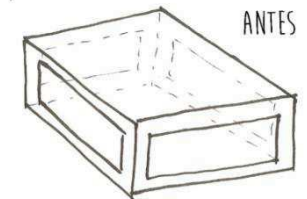


Ilustración 2.10. Sombra real producida por el parasol sur.

Molina de Aragón

ELEMENTOS CLAVE

(1).- Eliminación de las ventanas orientadas a norte y sustitución por la misma superficie orientada a sur.



(2).- Construcción de parasoles eficaces en verano.

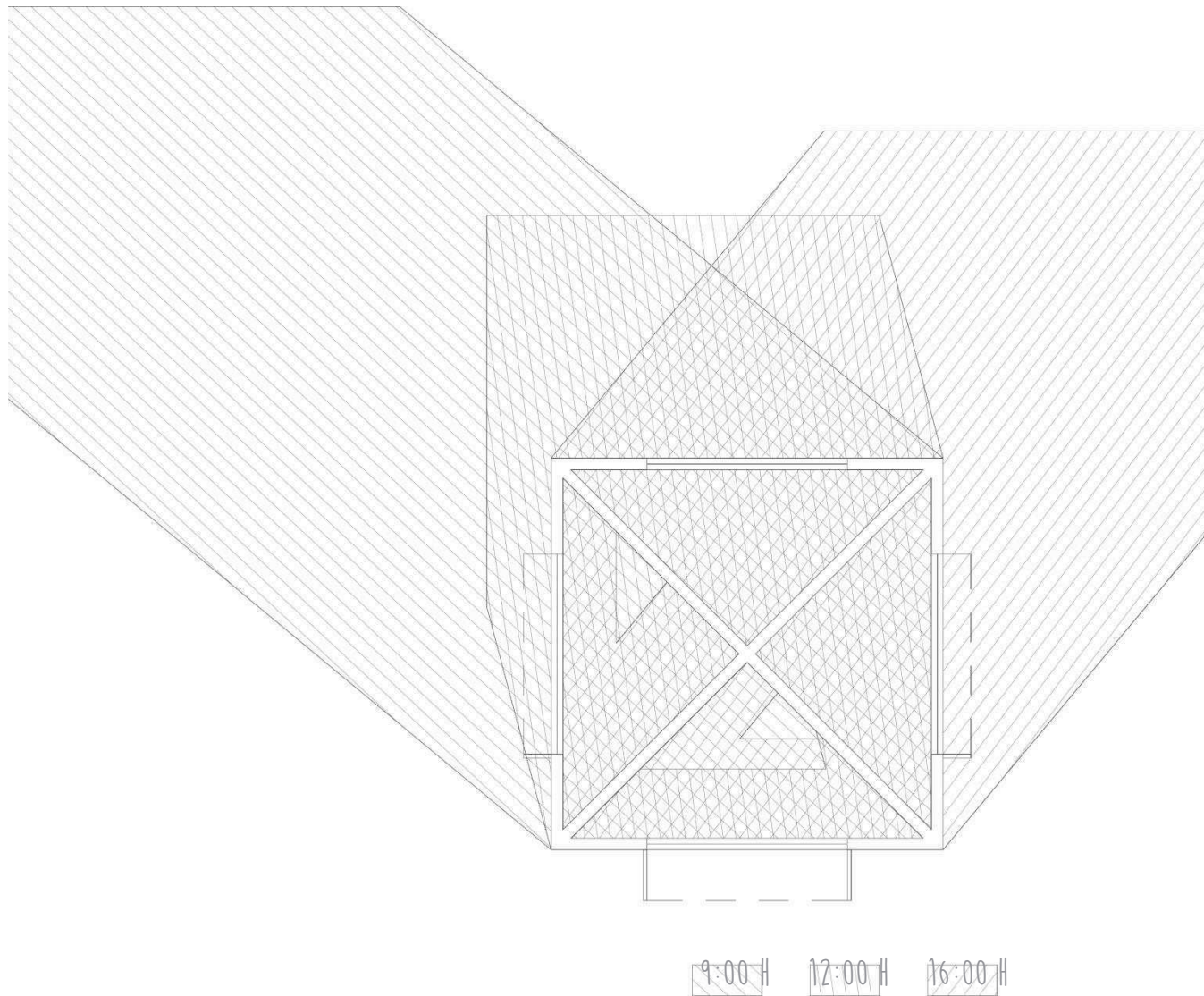
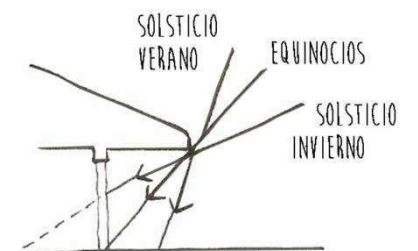


Ilustración 2.11. Esquema de sombra y ganancias solares en el solsticio de invierno.

Clima frío-seco

Análisis II

En el segundo análisis estudiamos también las temperaturas internas, sobre todo prestamos atención en la zona norte, que gracias a las modificaciones realizadas en las primeras conclusiones parciales tiene ahora ganancia solar directa, y por tanto, teóricamente su temperatura debería aumentar sensiblemente, comprobando empíricamente con este segundo análisis que así sucede.

Con este análisis se concluye que se necesita sólo un 69,15% de la energía del proyecto original, es decir, ahorramos un 30,85% de energía total al año.

Energía demandada total (KWh)	11167,61
Energía demandada por m ² (KWh/m ²)	123,92
Ahorro respecto inicial (%)	30,85

Tabla 2.3. Energía total consumida .

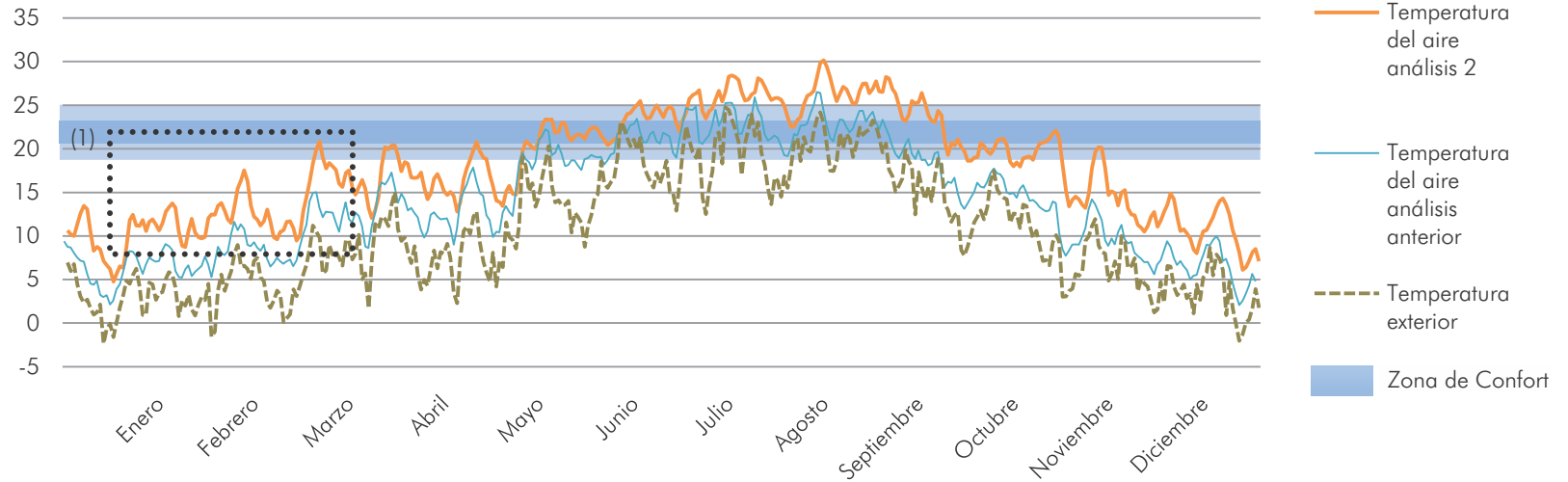


Ilustración 2.12. Temperaturas del aire (°C) en la zona norte.

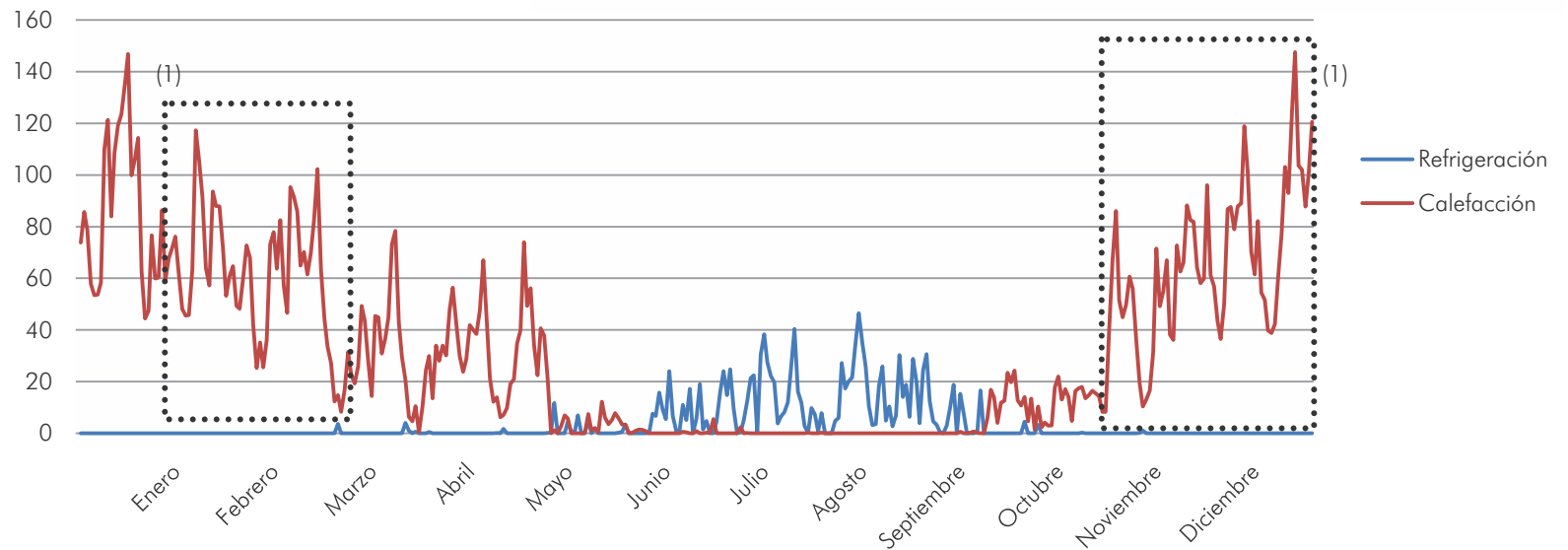


Ilustración 2.13. Desglose de gastos de energía (KWh) necesarios para aclimatar la vivienda.

Conclusiones parciales II

Aunque hayamos conseguido ahorrar un 27% de energía sólo con unas pequeñas modificaciones morfológicas, aún estamos lejos de conseguir nuestro objetivo de conseguir un edificio energéticamente sostenible.

Por eso, atendiendo al segundo análisis, se han de volver a proponer medidas que mejoren la eficiencia de los sistemas que tenemos.

Para estudiar más pormenorizada la situación escogemos el mes más frío y más caluroso del año (enero y agosto), y estudiamos las temperaturas medias.

Con este estudio se concluye que hay una gran diferencia de temperatura entre el día y la noche, llegando a diferencias de más de 10 grados entre el punto más caluroso (16:00 horas) de un día y el más frío (8:00 horas) del día siguiente.

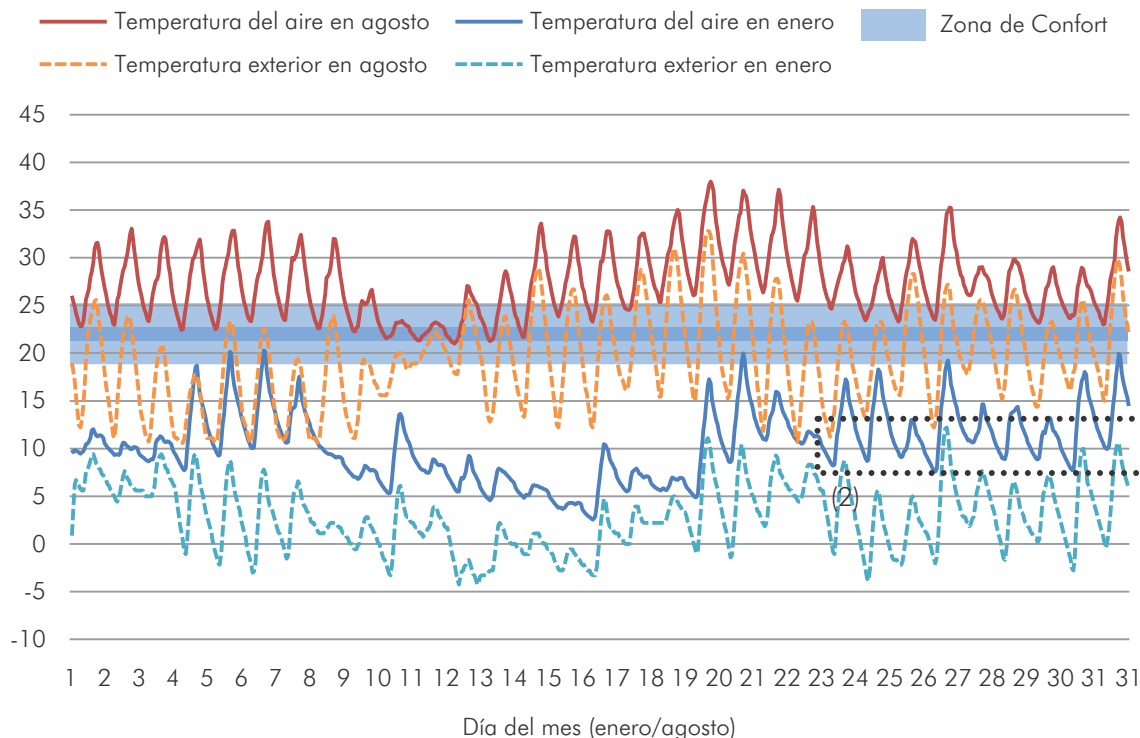


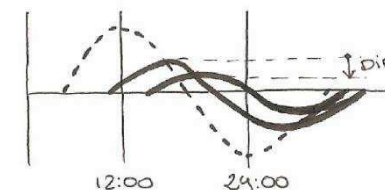
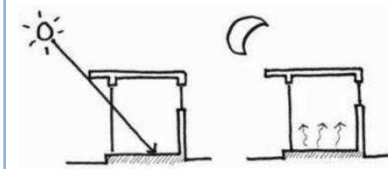
Ilustración 2.14. Temperatura media del aire (°C) en la vivienda para los meses de enero y agosto.

La diferencia de temperatura entre día y noche en el exterior es aún más acentuada, lo que nos hace pensar que nuestro edificio está bien aislado pero no es capaz de almacenar la energía que gana por el día.

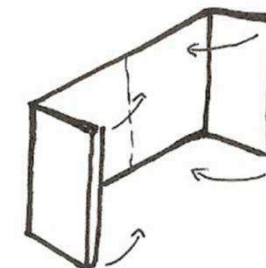
Para solventar este problema se propone el uso de masa térmica en el pavimento (1) que permita liberar el calor que absorbe durante el día por la noche, regulando las temperaturas de forma considerable.

Pero también hay que tener en cuenta que las ventanas que permiten ganancia solar por el día hacen perder muchísima energía por la noche, así que se propone un cierre térmico al interior que evite esta pérdida.

(1).- Uso de masa térmica en el interior para reducir las oscilaciones de temperatura entre el día y la noche.



(2).- Cierre térmico nocturno para evitar pérdida calorífica durante la noche.



Clima frío-seco

Análisis III

Como se observa en la tabla las temperaturas interiores durante el día han disminuido de forma considerable, debido a que ahora la energía no se almacena en el ambiente si no en el pavimento, y además las pérdidas caloríficas por la noche disminuyen considerablemente gracias al cierre térmico.

Con estas dos simples medidas se puede llegar a ahorrar un 55,15% de la energía que consumíamos al inicio, casi un 25% menos respecto de la anterior modificación.

Energía demandada total (KWh)	7244,13
Energía demandada por m ² (KWh/m ²)	80,38
Ahorro respecto inicial (%)	55,15
Ahorro respecto modificación anterior (%)	24,3

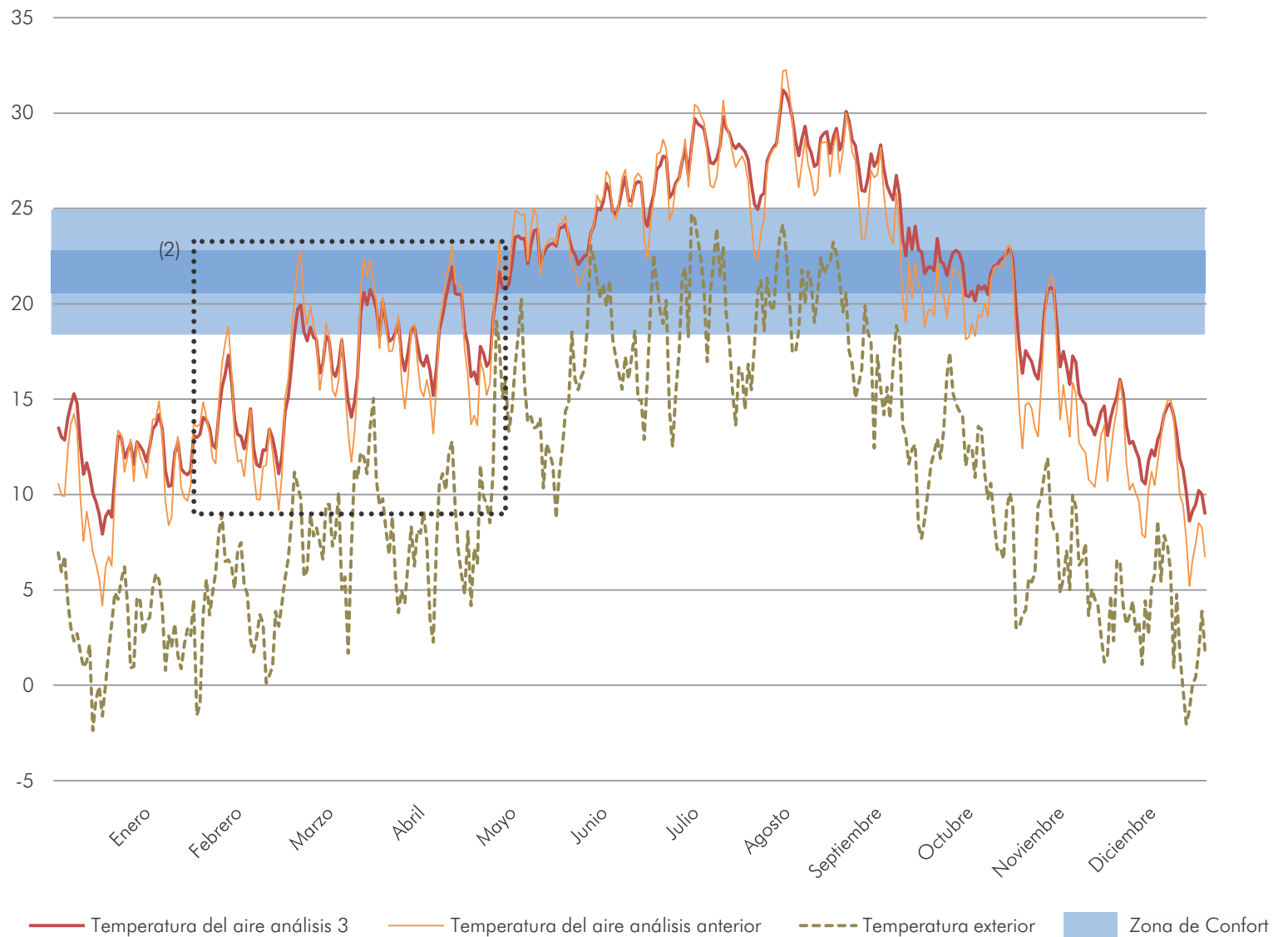


Ilustración 2.15. Temperatura media del aire (°C) en la vivienda.

Tabla 2.4. Energía total consumida .

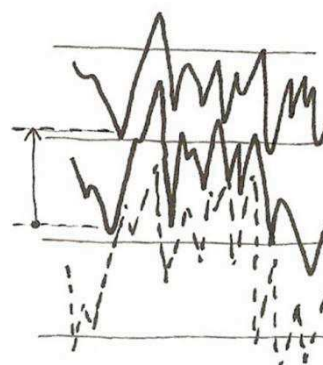
Conclusiones finales

A través del capítulo hemos podido observar cómo a partir del proyecto inicial, y aplicando sólo pequeñas modificaciones geométricas y morfológicas se puede llegar a ahorrar hasta más del 50% de la energía destinada a la

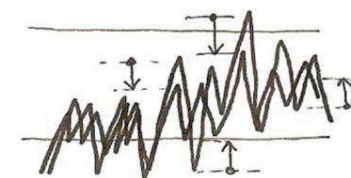
climatización, gracias al aprovechamiento de la energía solar, la ventilación y la inercia térmica, quedando demostrado que un uso eficiente de la arquitectura desde su fase de proyecto permite obtener unos resultados sorprendentes.

	Energía demandada total (KWh)	Energía demandada por m ² (KWh/m ²)	Ahorro respecto inicial (%)	Ahorro respecto modificación anterior (%)
Análisis 1	14946,50	179,19	-	-
Análisis 2	11167,61	123,92	30,85	-
Análisis 3	7244,13	80,38	55,15	24,3

Tabla 2.5. Energía total consumida en comparación con todas las modificaciones.



(2).- Segunda intervención: estabilización de las temperaturas internas gracias al cierre térmico nocturno y al uso de masa térmica.



ESTABILIZACIÓN DE TEMPERATURAS

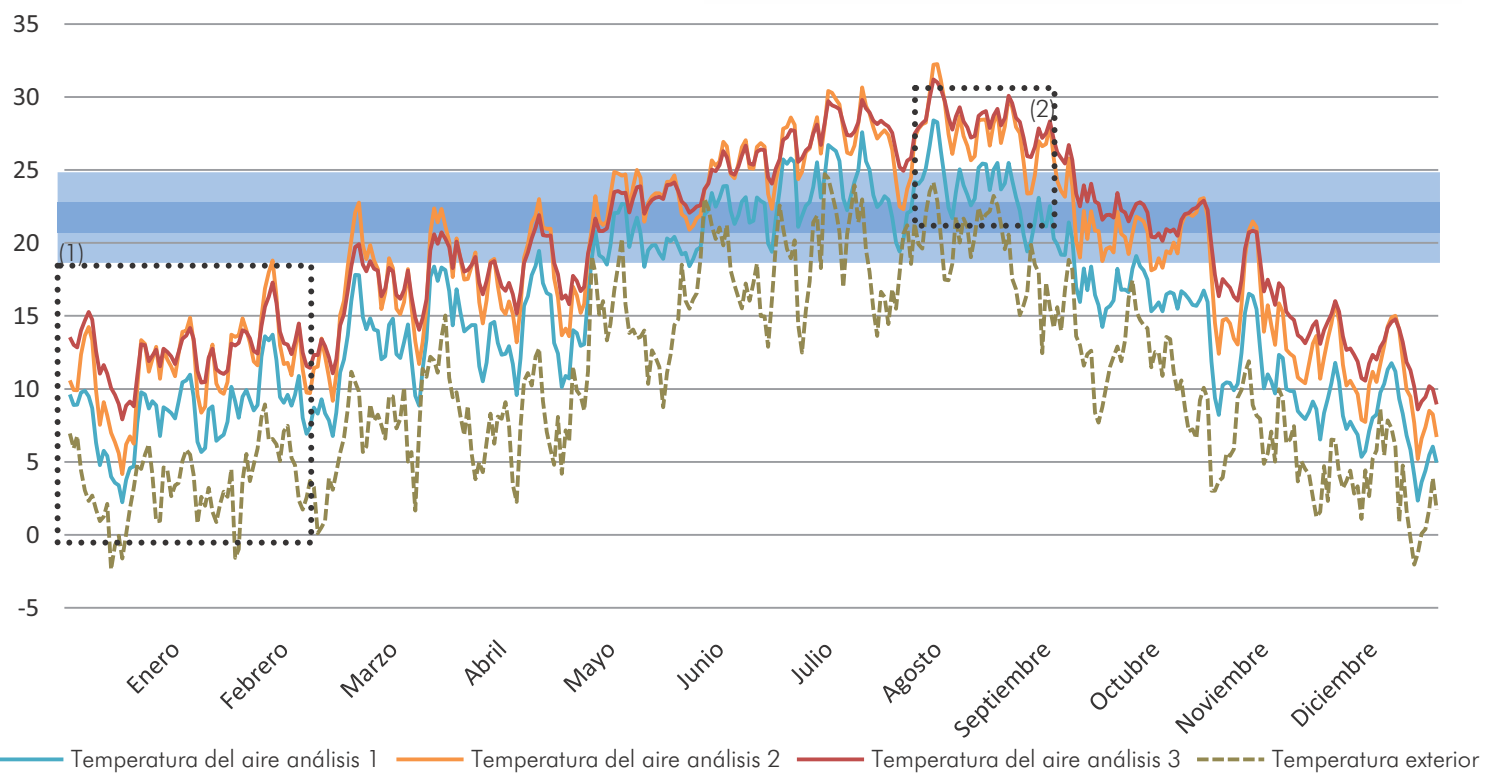
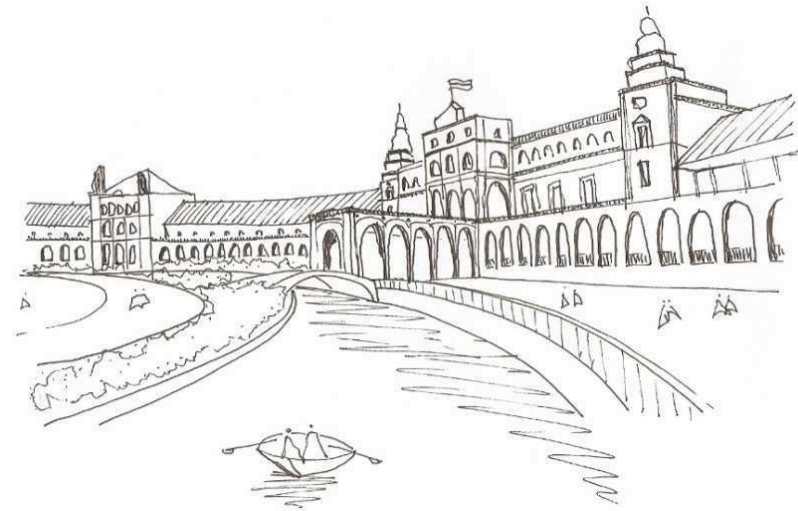


Ilustración 2.16. Temperatura media del aire (°C) en la vivienda en comparación con todas las modificaciones.

Capítulo 3 | Clima cálido-seco | Sevilla

Subíndice

Introducción	38
Datos bioclimáticos	39
Análisis I	41
Conclusiones parciales I	42
Análisis y concl. parc. II	44
Análisis III	45
Conclusiones finales	46



Introducción

- Situación

Sevilla es una ciudad situada en el sur de la península Ibérica, siendo capital de la provincia homónima y de la comunidad autónoma de Andalucía.

- Clima

Tiene un clima mediterráneo con precipitaciones escasas durante la mayor parte del año, concentrándose éstas en invierno. La temperatura media anual, de 19,2°C es la más alta de las capitales peninsulares.

- Condicionantes ambientales

Nos encontramos ante uno de los climas más extremos de la península Ibérica, ya que los veranos son extremadamente calurosos y secos, y los inviernos son bastante moderados, llegándose rara vez a disminuir la temperatura por debajo de

los 0°C, con lluvias puntuales en este periodo.

- Geografía

La presencia del río Guadalquivir ha influenciado históricamente a la ciudad, siendo Sevilla el puerto fluvial más importante de España, aunque la presencia de tal cuerpo de agua no es suficiente para caracterizar el clima de la ciudad subiendo la humedad relativa, como sí ocurre en otros ríos mucho más caudalosos en Europa como el Rin o el Danubio, cuya influencia climatológica resulta clave en sus ciudades costeras.

Aparte de la presencia del río Guadalquivir encontramos en la parte este de la ciudad los arroyos Tagarete y Tarmarguillos, así como el río Guadaíra. Todo esto convierte a la ciudad de Sevilla en un importante núcleo fluvial pero que, como ya se ha visto, no tiene influencia climática en la ciudad.

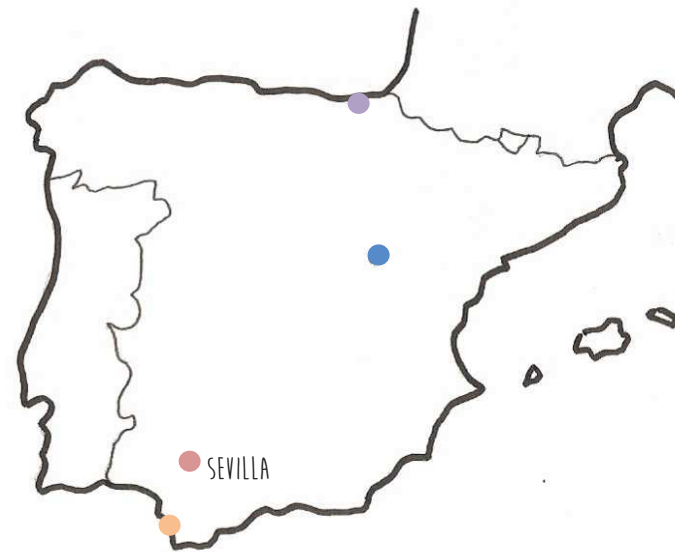


Ilustración 3.1. Situación de Sevilla en España.

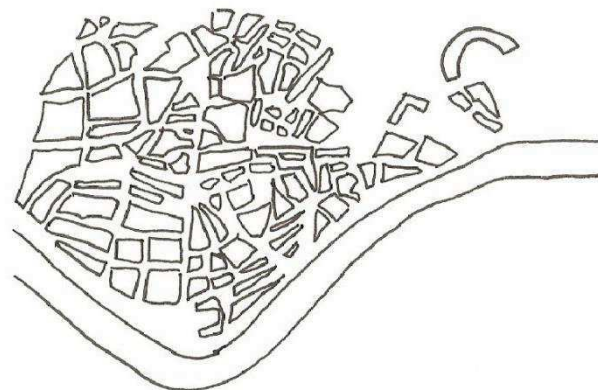
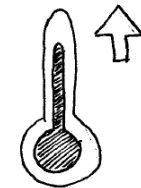


Ilustración 3.2. Plano del centro de la ciudad de Sevilla.

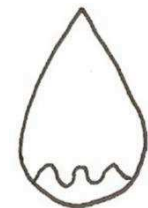
(1). Clima caracterizado por:

- Latitud: 37,22°

- Altas temperaturas a lo largo del año.



- Muy baja humedad relativa en el ambiente.



- Escasas precipitaciones a lo largo del año, pero concentradas en invierno.

Clima cálido-seco

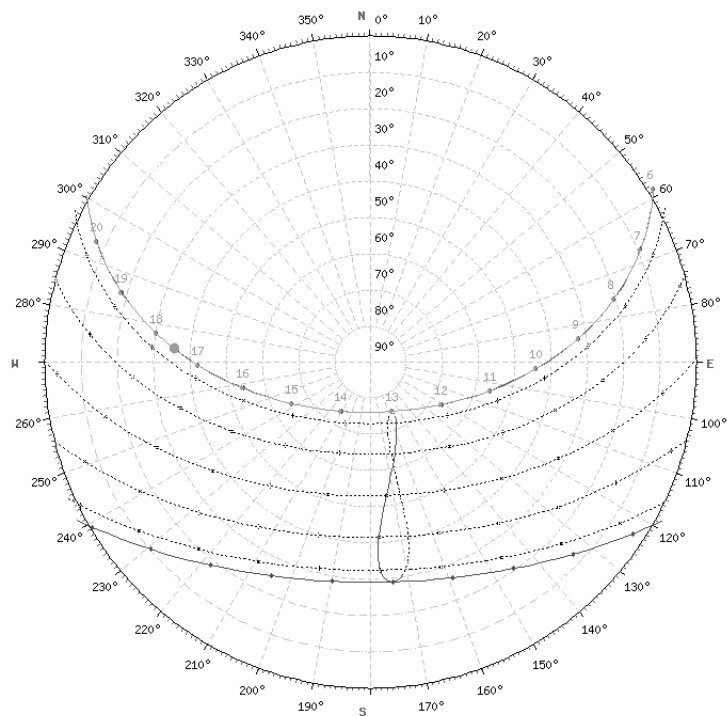


Ilustración 3.3. Carta solar. Datos obtenidos de www.sunearthtools.com.

Datos bioclimáticos

- Carta solar

La carta solar correspondiente a la latitud Sevillana nos muestra unas características de soleamiento muy complejas, con muchas horas de sol tanto en invierno como en verano, llegando a ser la inclinación en verano de más de 75°, lo que condiciona el periodo estival, donde se alcanzan grandes temperaturas debido al soleamiento.

El clima de la ciudad es cálido y relativamente seco, pese a encontrarse a poca distancia del mar y tener en las cercanías un cuerpo de agua de la magnitud del río Guadalquivir.

En verano las temperaturas suben fuertemente, pudiendo alcanzar temperaturas superiores a los 40° y con constantes olas de calor.

En invierno la temperatura disminuye considerablemente respecto al verano debido al

clima continental de Sevilla, pero aún así no disminuye normalmente por debajo de los 5°, lo que nos deja entrever que no será necesaria una gran demanda de calefacción.

- Rosa de los vientos

En la ilustración 4 podemos observar como la dirección predominante del viento es suroeste-noroeste, siguiendo el cauce del río Guadalquivir, pero con sentidos contrarios en invierno y en verano.

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. Media (°C)	10,9	12,5	15,6	17,3	20,7	25,1	28,2	27,9	25,0	20,2	15,1	11,9	19,2
Precip. total (mm)	65,7	49,9	35,8	54,0	30,5	9,9	2,4	5,3	26,9	68,3	91,1	99,0	538,8
Días de precip. (> 1 mm)	6,1	5,8	4,3	6,1	3,7	1,3	0,2	0,5	2,4	6,1	6,4	7,5	50,5
Horas de sol	182,9	189,1	220,0	237,7	292,6	317,2	354,4	328,1	243,8	216,5	181,2	153,9	2917,4
Humedad rel. (%)	71	67	59	57	53	48	44	48	54	62	70	74	59

- Datos climáticos

Tabla 3.1. Parámetros climáticos promedio de Sevilla (1981-2010). Datos obtenidos de Agencia Estatal de Meteorología (www.aemet.es).

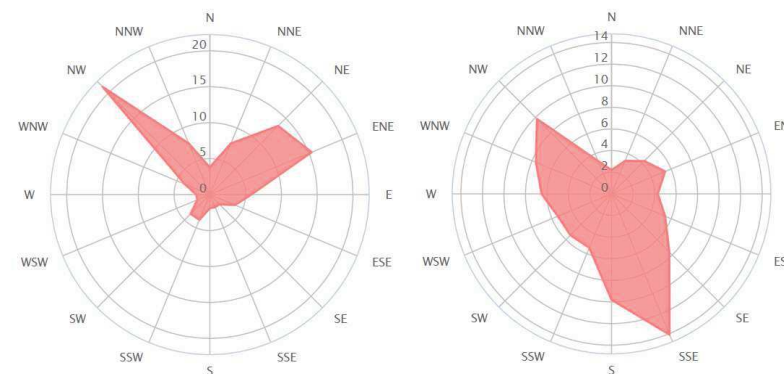


Ilustración 3.4. Distribución de la dirección del viento (en %) en verano e invierno. Datos obtenidos de es.windfinder.com.

- Sistemas idóneos a aplicar:

1. Sombreado de ventanas
2. Alta masa térmica con ventilación nocturna
3. Ventilación natural
4. Ganancias internas
5. Sistemas solares activos

Aplicando estos sistemas se conseguiría, teóricamente, que un 81% de las horas del año no se necesitase sistemas de calefacción ni refrigeración.

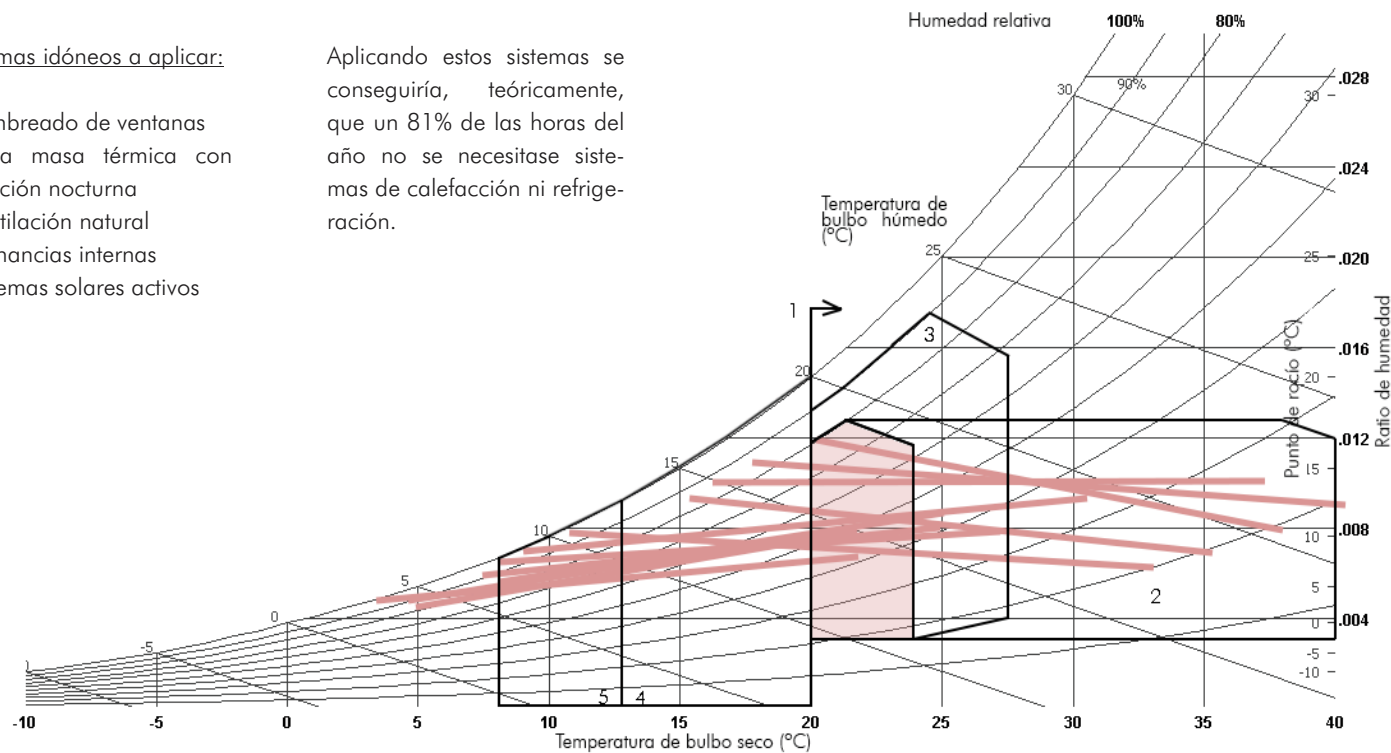


Ilustración 3.5. Climograma de Givoni y datos de porcentaje de confort. Obtenidos con el programa Climate Consultant 6.0.

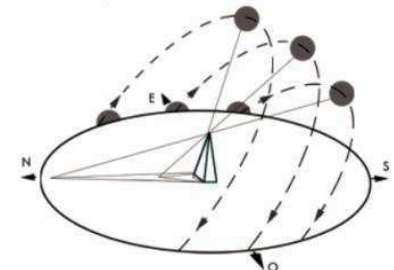
- Climograma

En la ilustración 5 vemos el climograma de Givoni para la ciudad de Sevilla. Las doce líneas representan los 12 meses del año, con su temperatura y humedad relativa mayor y menor a lo largo del mes.

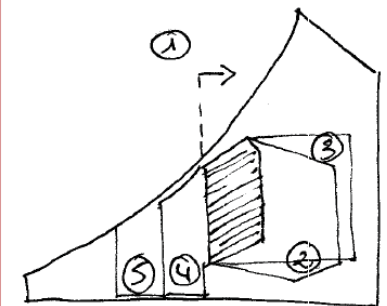
Como podemos observar las temperaturas son bastante altas, rara vez disminuyen de los 5 grados y sin embargo en verano sobrepasan la barrera de los 35°. Teniendo en cuenta que la mayor parte del gráfico se encuentra situado a la derecha de la

zona de confort, nuestras estrategias estarán dirigidas a disminuir las temperaturas en verano, así como aumentarlas ligeramente en invierno, sobre todo por la noche, donde descienden con mayor severidad.

Respecto a la humedad relativa observamos que es bastante baja en la mayor parte del año, resultando en un clima por lo general seco.



(2).- Según el climograma de Givoni, las estrategias más adecuadas serían:



1. Sombreado de ventanas
2. Alta masa térmica con ventilación nocturna
3. Ventilación natural
4. Ganancias internas
5. Sistemas solares activos

Clima cálido-seco

Análisis I

Las temperaturas a lo largo del año en el interior son cálidas, estando dentro de la zona de confort de noviembre a marzo, pero siendo extraordinariamente altas (llegando a superar la barrera de los 40°) el resto del año. Esto es debido a las altas temperaturas exteriores y al pequeño «efecto invernadero» que sucede en todo espacio interior cerrado.

Si atendemos al desglose del combustible, la necesidad de usar sistemas de aire acondicionado en verano es mucho mayor que la de calefacción en invierno.

Energía demandada total (KWh)	13688,37
Energía demandada por m ² (KWh/m ²)	164,12

Tabla 3.2. Energía total consumida.

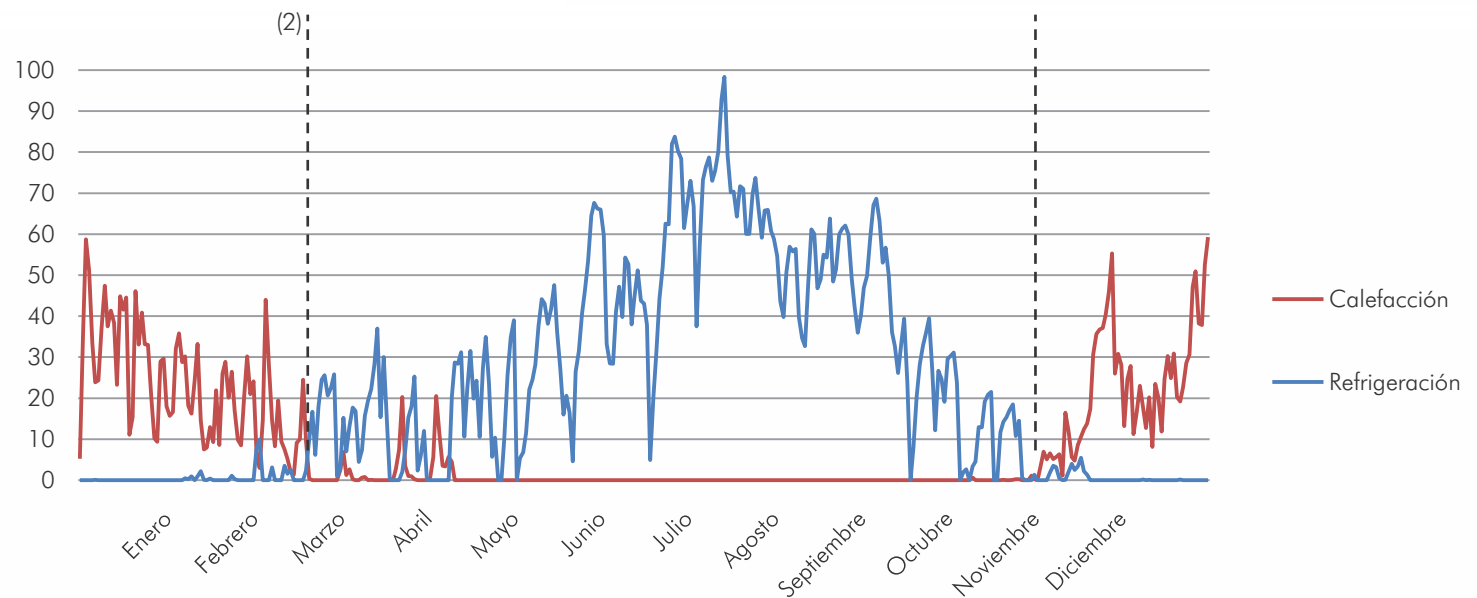
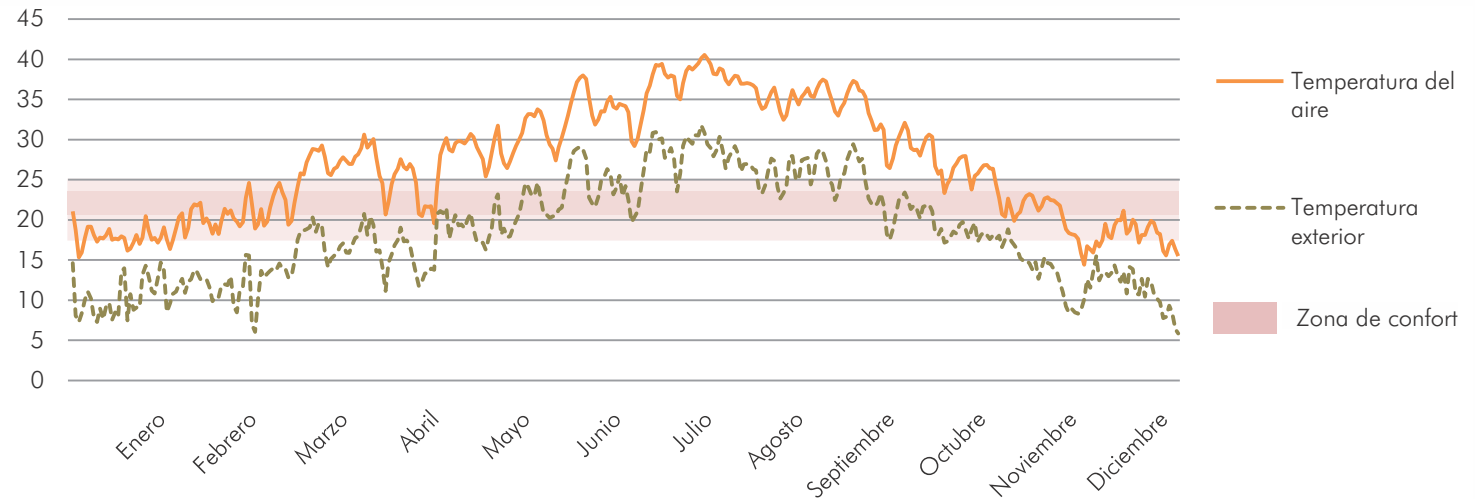


Ilustración 3.7. Desglose de gastos de energía (KWh) necesarios para aclimatar la vivienda.

Conclusiones parciales I

Debido a las altas temperaturas en verano, lo más apropiado sería colocar parasoles para sombrear de marzo a noviembre, que es la época donde se gasta más energía en aire acondicionado y las temperaturas interiores son más altas debido a la radiación solar, pero permitiendo al sol penetrar en invierno para al menos

mantener las temperaturas del análisis I.

De hecho las temperaturas interiores en invierno son suficientemente bajas como para necesitar sistemas de calefacción, así que otra medida a tomar sería intentar subir las temperaturas en invierno. En la ilustración 8 podemos comparar las temperaturas interiores de las

cuatro estancias de la vivienda durante el mes de enero.

Como se puede observar, las temperaturas interiores descienden demasiado por la noche y suben considerablemente por el día, por lo que un sistema de cierre térmico nocturno en invierno combinado con un sistema de masa térmica

debería resolver este problema en esta época del año, de forma que con las temperaturas obtenidas durante el día se pudiese prescindir del uso de calefacción en todo el año.

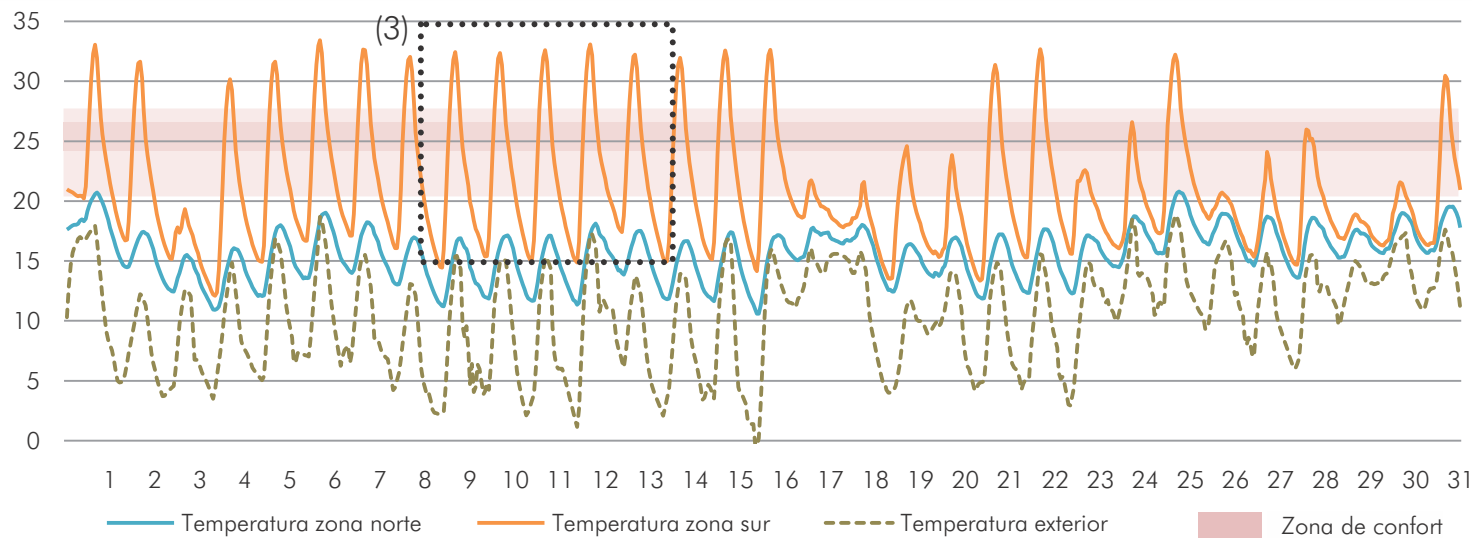
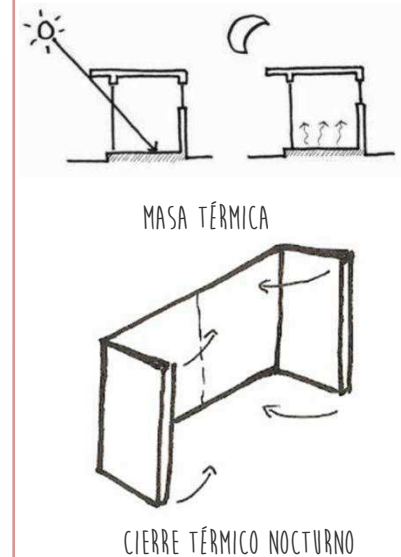


Ilustración 3.8. Temperaturas de confort (°C) en las zonas norte y sur durante el mes de enero.

(1).- Marcada época estival entre marzo y septiembre



(2).- Uso de masa térmica y cierre térmico nocturno para adecuar las temperaturas a la zona de confort.



Clima cálido-seco

Como se observa en la ilustración 7, que medía el consumo desglosado de gasto en calefacción y refrigeración, hay dos claras y marcadas estaciones, siendo el verano el más largo y característico de marzo a noviembre. Esto nos indica que hay que sombrear justo en esa época del año.

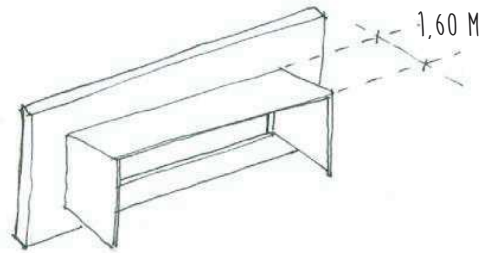


Ilustración 3.9. Medidas del parasol sur.

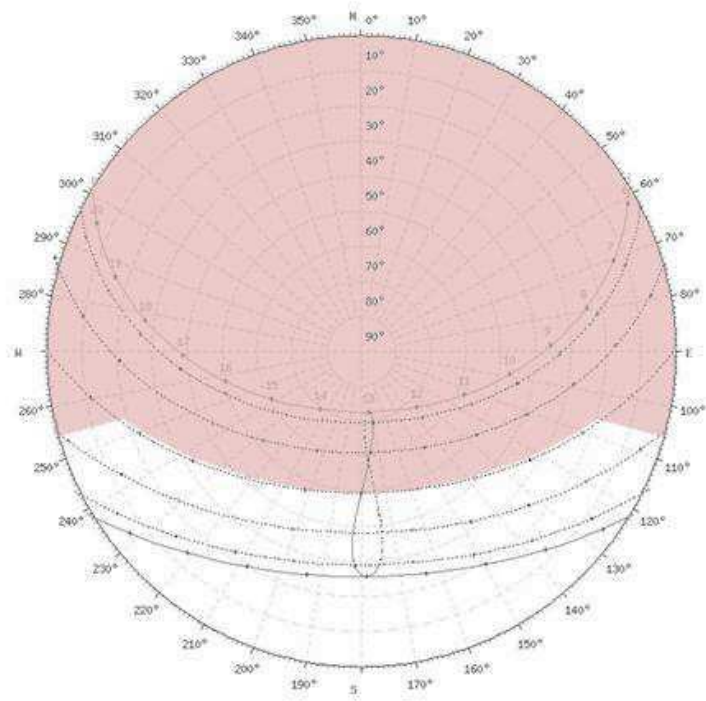


Ilustración 3.10. Sombreamiento real producido por el parasol sur.

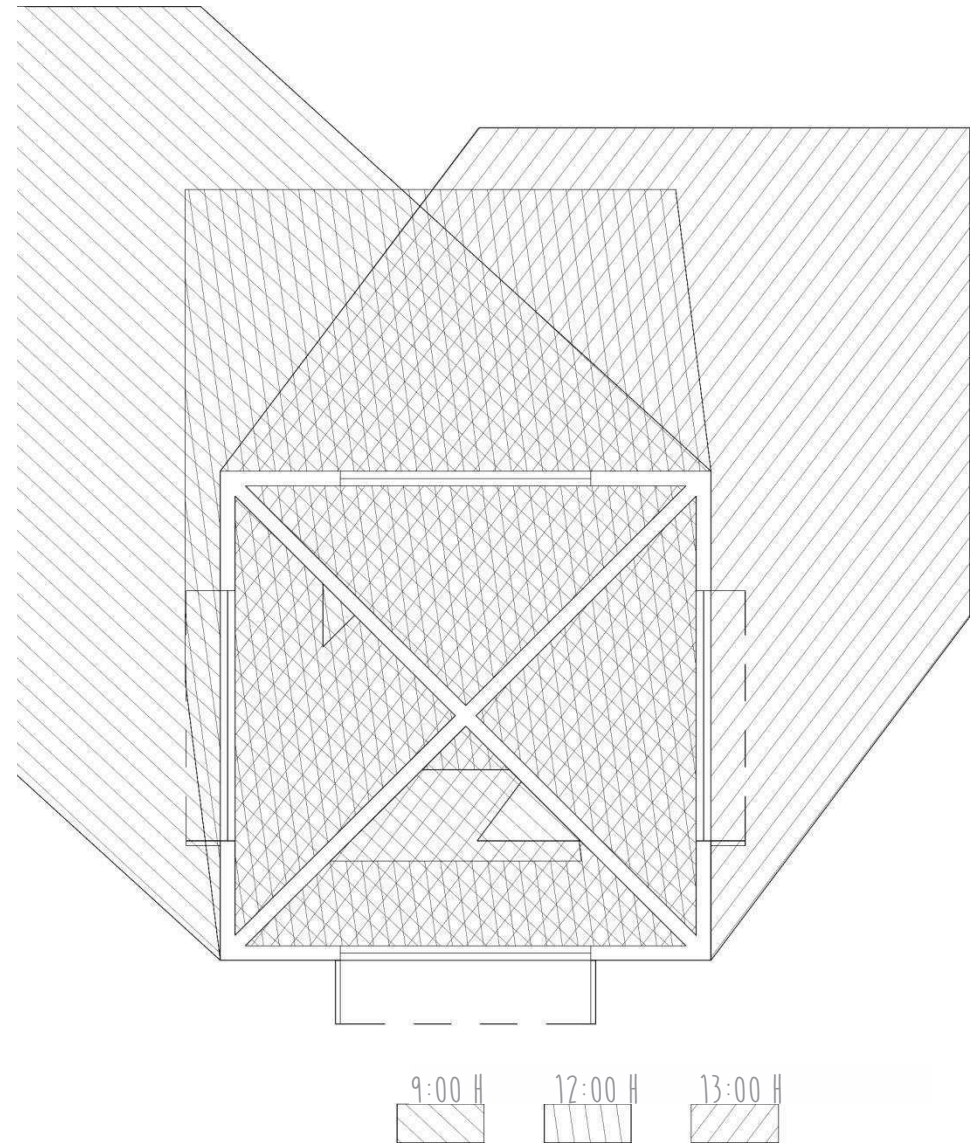


Ilustración 3.11. Esquema de sombra y ganancias solares en el solsticio de invierno.

Análisis y conclusiones parciales II

Cuando atendemos a las nuevas temperaturas de confort después de las medidas tomadas, podemos observar un descenso de las temperaturas sólo en verano, fruto del uso eficaz de parasoles y del cierre térmico nocturno.

Aún así las temperaturas llegan a rozar en los meses centrales del periodo estival los 35°. Para poder hacer descender las temperaturas

hasta la zona de confort tendremos que referirnos a las demás estrategias definidas en el diagrama de Givoni, que es la ventilación nocturna en verano.

Esta medida hará descender aún más la temperatura en esos meses, sin afectar a la temperatura en los meses de invierno, que ya se encuentran en su mayoría en la zona de confort.

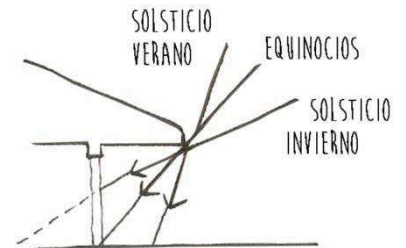
La mejor forma de usar este método es combinándolo con la inercia térmica que fue añadida en las Conclusiones parciales I, ya que el calor se «almacena» por el día en el elemento de masa térmica y por la noche lo libera, pero al estar el espacio ventilado no sube las temperaturas por la noche.

Además esta inercia térmica ayudará en invierno a calentar la vivienda, cuando

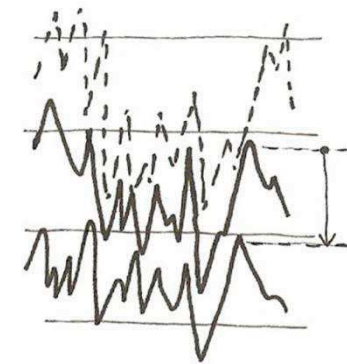
no se ventile por la noche y el calor que se «acumule» por el día se «libere» por la noche.

Energía demandada total (KWh)	8271,80
Energía demandada por m ² (KWh/m ²)	102,32
Ahorro respecto inicial (%)	37,66

Tabla 3.3. Energía total consumida.



(2).- Uso de ventilación nocturna en verano para disminuir las temperaturas.



DISMINUCIÓN DE TEMPERATURAS

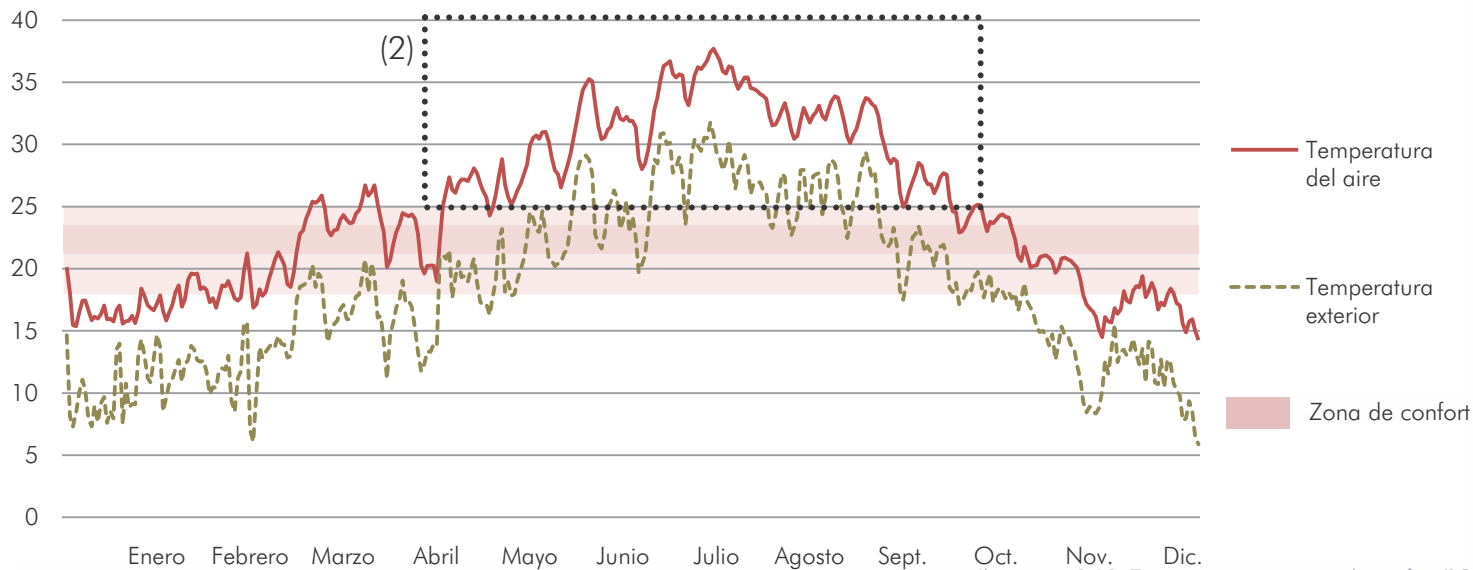


Ilustración 3.12. Temperaturas interiores de confort (°C).

Clima cálido-seco

Análisis III

Con una simple modificación como es poner masa térmica con ventilación nocturna se puede conseguir ahorrar, como vemos en la tabla 4, casi 20 kWh/m² en la vivienda, que corresponde a casi el 20% del consumo total del edificio.

Pese al ahorro que supone esta medida, observamos empíricamente cómo algunos días de verano sube la temperatura, debido a que la ventilación nocturna no es suficiente para liberar todo el calor «acumulado» durante el día.

Energía demandada total (KWh)	6577,03
Energía demandada por m ² (KWh/m ²)	85,10
Ahorro respecto inicial (%)	48,16
Ahorro respecto modificación anterior (%)	16,83

Tabla 3.4. Energía total consumida.

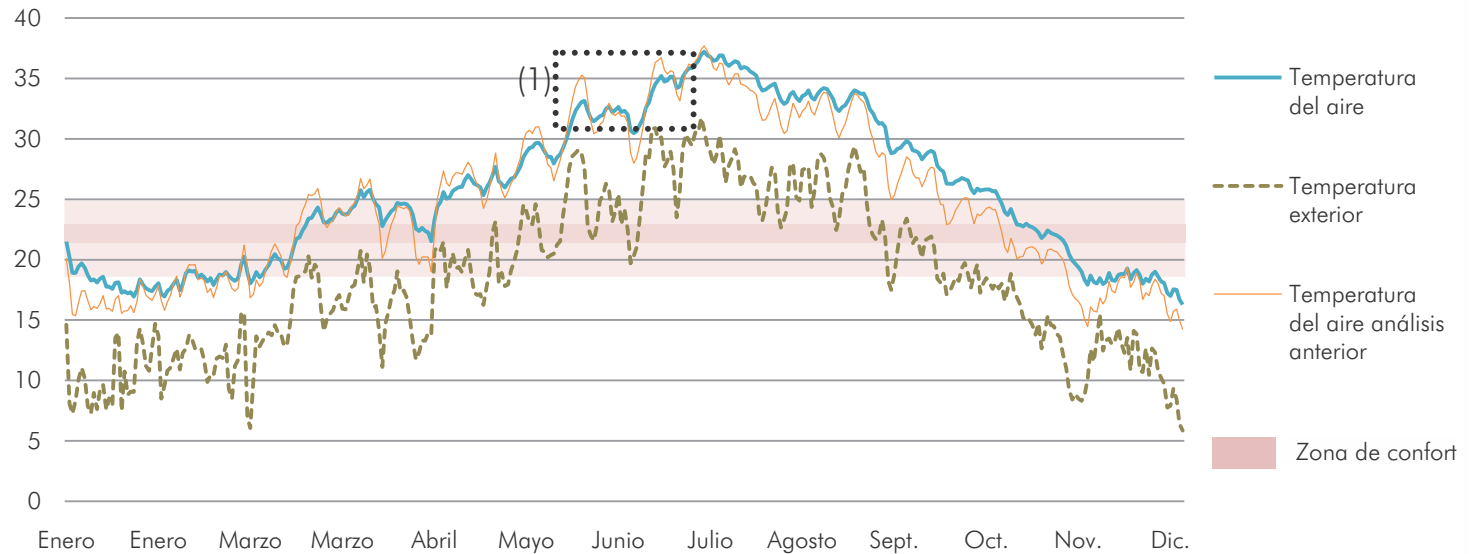


Ilustración 3.13. Temperaturas interiores de confort (°C)

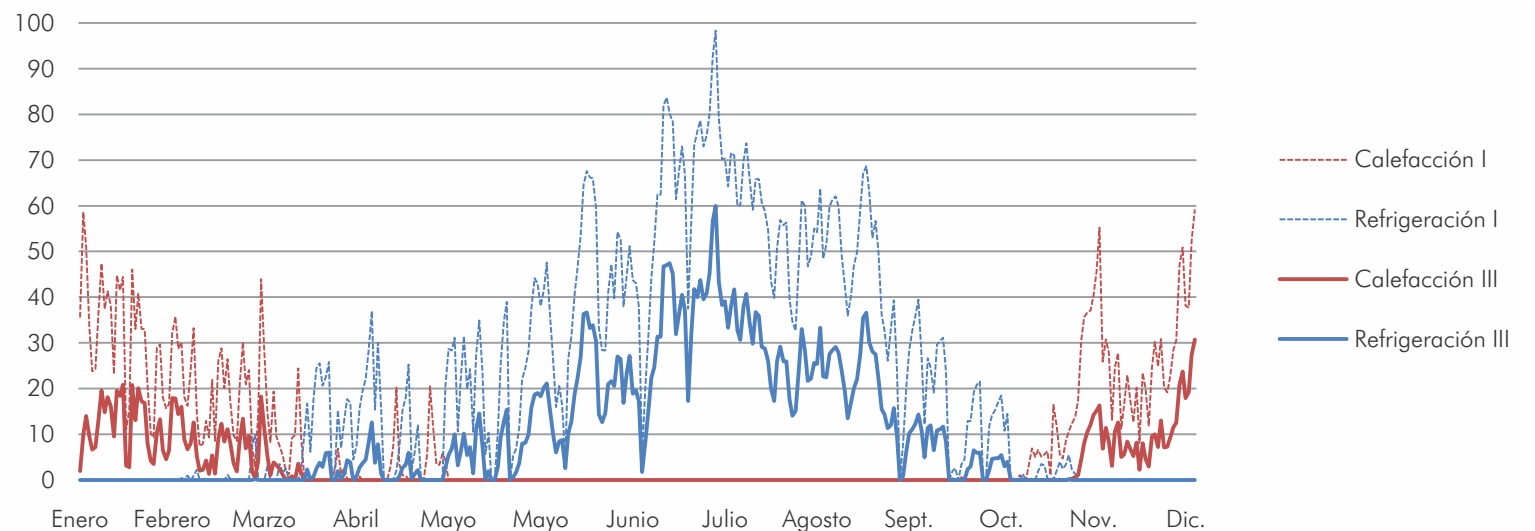


Ilustración 3.14. Desglose de gastos de energía (KWh) necesarios para aclimatar la vivienda en comparación con el Análisis I.

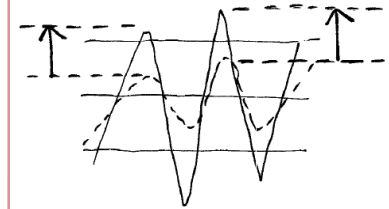
Conclusiones finales

En este capítulo se ha podido poner a prueba las estrategias definidas por el climograma de Givoni en un clima cálido y con una muy baja humedad relativa. Estrategias básicas como

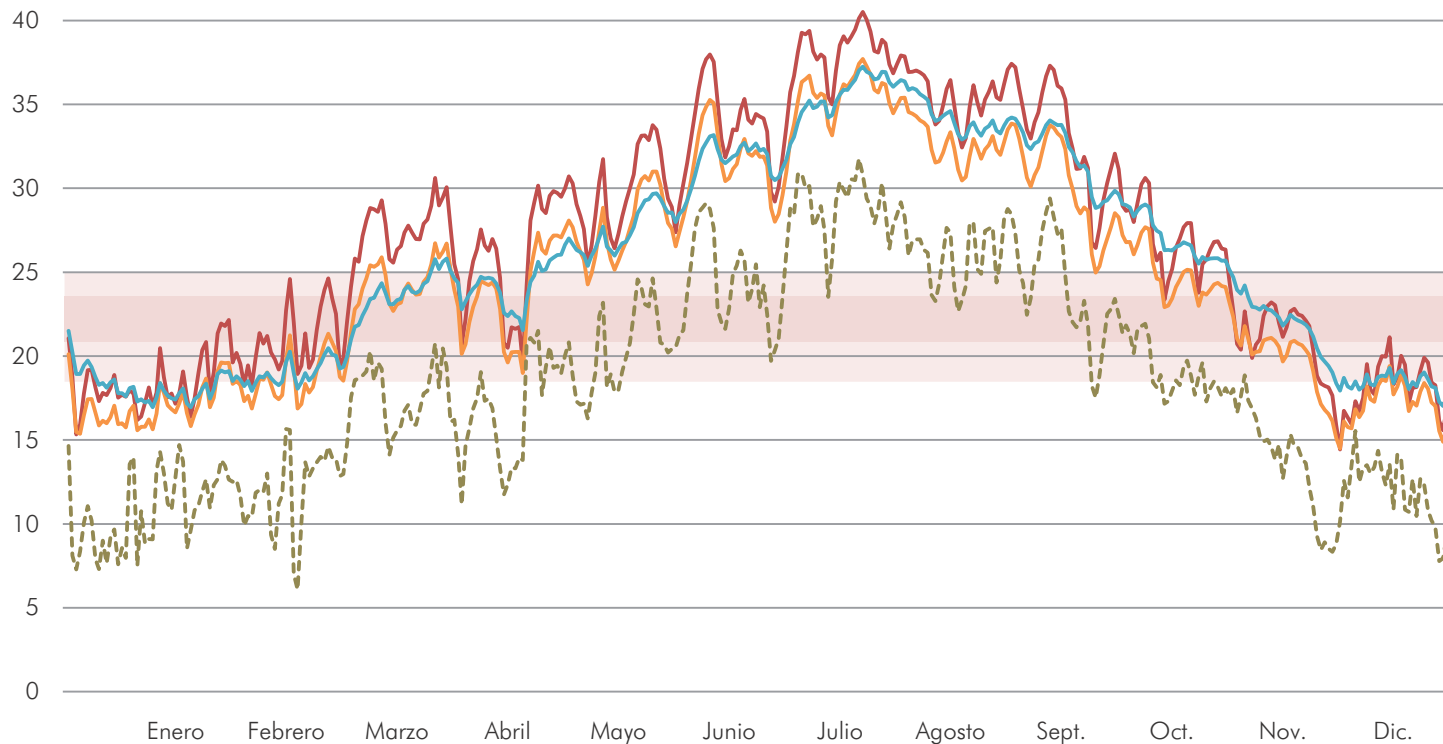
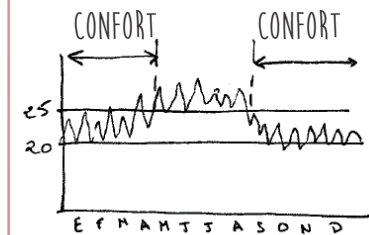
generar sombra o la ventilación nocturna han resultado ser válidas y productivas a la hora de tenerlas en cuenta en el desarrollo del proyecto.

	Energía demandada total (KWh)	Energía demandada por m ² (KWh/m ²)	Ahorro respecto inicial (%)	Ahorro respecto modificación anterior (%)
Análisis 1	13688,37	164,12	-	-
Análisis 2	8271,80	102,32	37,66	-
Análisis 3	6577,03	85,10	48,16	16,83

Tabla 3.5. Energía total consumida.



(2).- Gracias a las modificaciones realizadas, la mayor parte del año se encuentra ahora en la zona de confort.



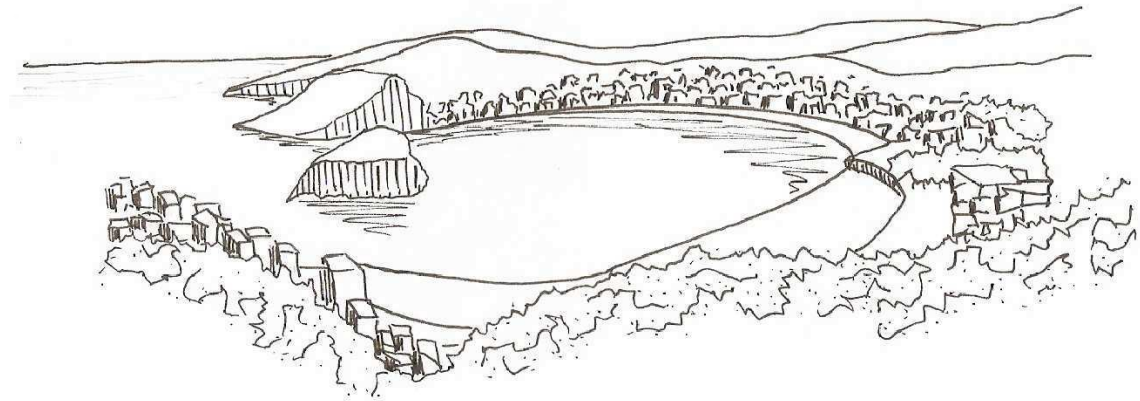
— Temperatura del aire análisis 1 — Temperatura del aire análisis 2 — Temperatura del aire análisis 3 - - - Temperatura exterior

Ilustración 3.15. Temperatura media del aire (°C) en la vivienda en comparación con todas las modificaciones.

Capítulo 4 | Clima frío-húmedo | San Sebastián

Subíndice

Introducción	50
Datos bioclimáticos	51
Análisis I	53
Conclusiones parciales I	54
Análisis II	55
Conclusiones parciales II	56
Análisis III	57
Conclusiones finales	58



San Sebastián

ELEMENTOS CLAVE

Introducción

- Situación

San Sebastián es la capital de la provincia de Guipúzcoa, en el País Vasco, al norte de la península Ibérica.

- Clima

Encontramos un clima frío, marcado con una alta humedad relativa debido a la cercanía con el mar y a las abundantes lluvias, siendo una de las ciudades más lluviosas del país.

- Condicionantes ambientales

En esta ciudad se hace muy notorio la presencia y relevancia del viento. Aquí destaca la galerna del Cantábrico, que es un viento que sopla fuerte y racheado del NO, con grandes saltos de velocidad y dirección, y viene acompañado de un considerable descenso de las temperaturas. El efecto contrario se conoce como efecto Föhn y ocurre cuando sopla viento

del sur, elevando las temperaturas de forma considerable, ya que estos vientos característicos hacen descender la humedad relativa al norte de la cordillera cantábrica, dejando precipitaciones abundantes al sur.

- Geografía

La ciudad de San Sebastián se encuentra enclavada entre el mar Cantábrico y la cordillera del mismo nombre. El relieve es bastante accidentado, aunque encontramos algunas zonas llanas donde se encuentran los núcleos urbanos de la ciudad. Esta posición entre mar y montaña define la morfología de la ciudad, donde se diferencian barrios en las llanuras con una tipología edificatoria distinta a las casas en las colinas.

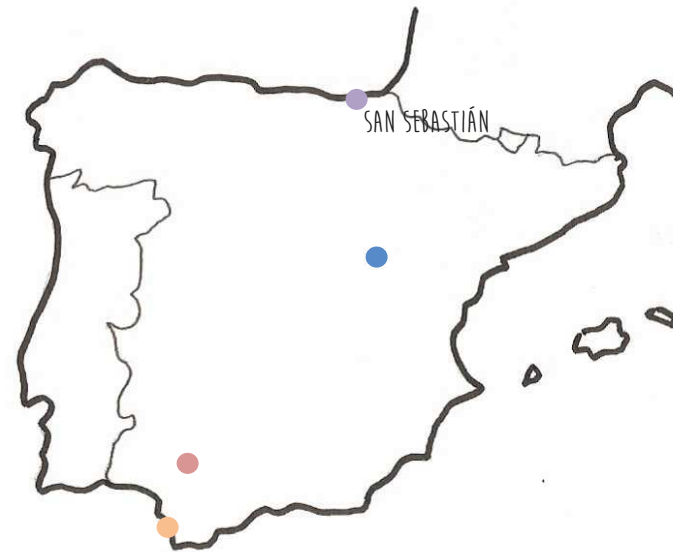


Ilustración 4.1. Situación de San Sebastián en España.

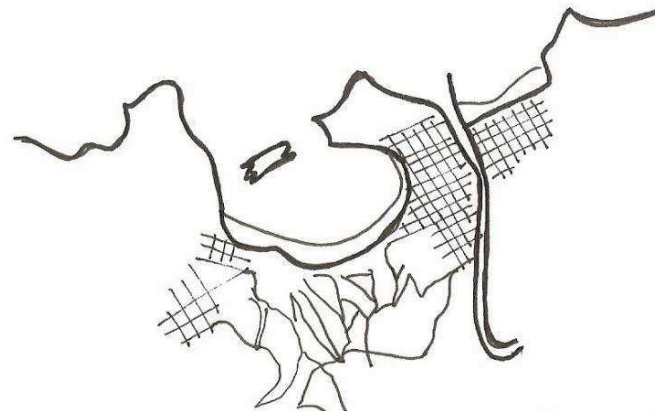
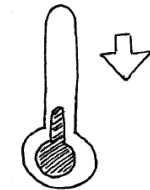


Ilustración 4.2. Plano del casco histórico de San Sebastián.

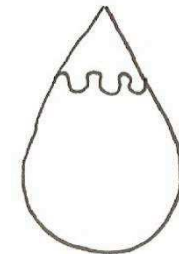
(1). Clima caracterizado por:

- Latitud: 43,31°

- Bajas temperaturas a lo largo del año.



- Alta humedad relativa.



- Abundantes precipitaciones a lo largo de todo el año.



Clima frío-húmedo

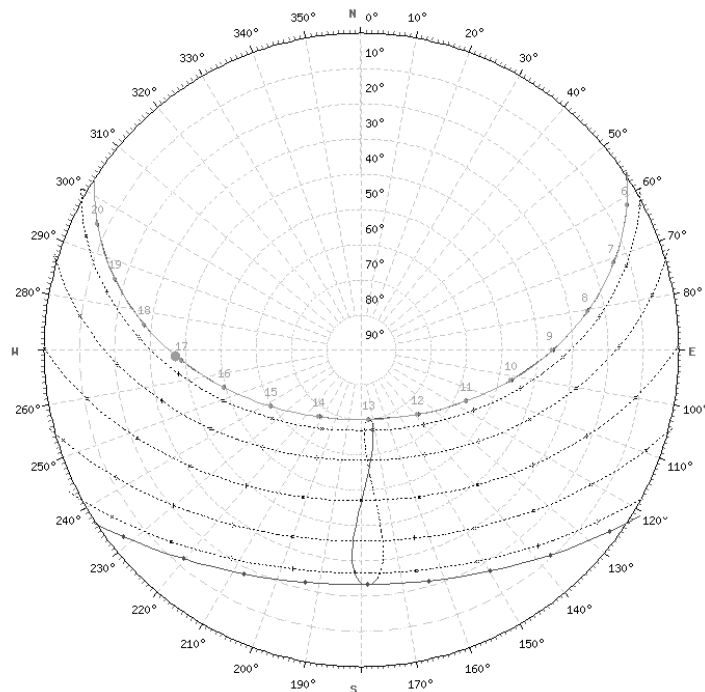


Ilustración 4.3. Carta solar. Datos obtenidos de www.sunearthtools.com.

Datos bioclimáticos

- Carta solar

San Sebastián es la ciudad más al norte de las cuatro a estudiar, encontrándose a más de 43° norte. Esto hace que en verano e invierno tenga las mayores horas de luz, pero como la inclinación de los rayos solares es más baja, las temperaturas también descenden. En el solsticio de invierno a medio día la inclinación solar es algo mayor de 20°, esto es más de 10° menos que en otras ciudades como Cádiz, lo que explica la diferencia de temperatura entre ambas.

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. Media (°C)	8,5	8,7	10,3	11,3	14,4	16,9	18,9	19,5	18,0	15,5	11,3	9,1	13,5
Precip. total (mm)	141,4	110,4	113,2	137,8	119,9	90,4	86,4	116,7	111,4	159,3	168,8	151,1	1506,7
Días de precip. (> 1 mm)	13,2	11,6	12,4	13,4	12,2	10,6	9,8	10,5	10,1	11,8	13,0	12,4	141,1
Días de nevadas	1,3	1,6	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,5	4,0
Horas de sol	98	107	144	157	181	189	196	190	179	140	102	93	1816
Humedad rel. (%)	75	74	74	77	78	82	82	83	79	75	76	75	78

Tabla 4.1. Parámetros climáticos promedio de San Sebastián (1981-2010). Datos obtenidos de Agencia Estatal de Meteorología (www.aemet.es).

- Datos climáticos

La presencia del mar y de las abundantes lluvias suavizan las temperaturas, por lo que no hay grandes oscilaciones ni estacionales ni entre el día y la noche. La diferencia de temperatura media entre el mes más frío y el más cálido es sólo de 10°, habiendo numerosos días en invierno con relativamente altas temperaturas y viceversa, días en verano donde las temperaturas pueden descender varios grados.

Por lo general las precipitaciones están repartidas durante todo el

año, siendo algo más escasas en verano.

- Rosa de los vientos

En invierno los vientos soplan desde el sur, dirección norte. Por el efecto Föhn, cuando los vientos son calurosos y con mucha humedad y al verse obligados a superar la cordillera, se condensan formando precipitaciones en la ladera sur, y al llegar a la ciudad estos vientos cálidos y secos hacen aumentar la temperatura puntualmente en invierno.

En verano en cambio el viento sopla dirección sur desde el Atlántico norte, lo que hace disminuir las temperaturas de forma puntual.

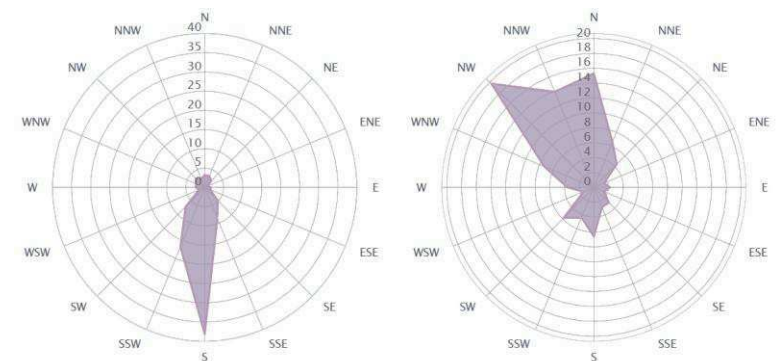


Ilustración 4.4. Distribución de la dirección del viento (en %) en invierno y verano. Datos obtenidos de: IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), 2010.

San Sebastián

ELEMENTOS CLAVE

- Sistemas idóneos a aplicar:

1. Protección solar
2. Ventilación natural nocturna
3. Ganancias internas
4. Sistemas solares pasivos y activos.

Aplicando estos sistemas se conseguiría, teóricamente, que un 58% de las horas del año no se necesitase sistemas de calefacción ni refrigeración.

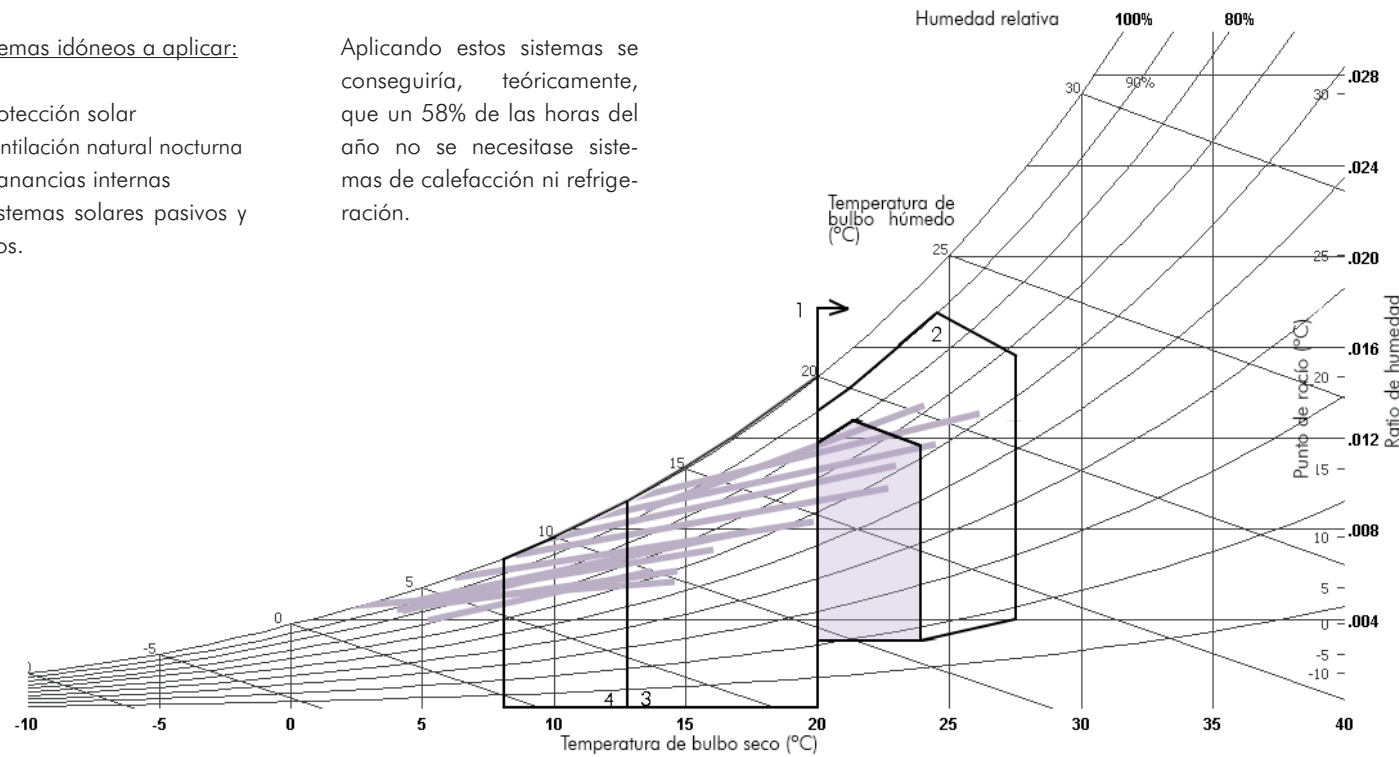


Ilustración 4.5. Climograma de Givoni y datos de porcentaje de confort. Obtenidos con el programa Climate Consultant 6.0.

- Climograma

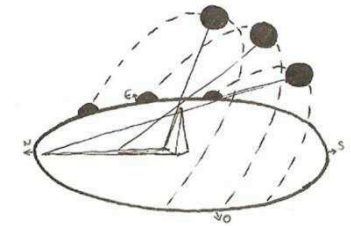
En la ilustración 5 podemos ver el diagrama de bienestar de Givoni de la ciudad de San Sebastián. Como se ha visto antes, es un clima caracterizado por el frío, aunque es de destacar que

en verano las temperaturas pueden llegar a ser algo altas, así que las estrategias de sostenibilidad a aplicar tienen que incluir el hacer descender esas temperaturas hasta la zona de confort.

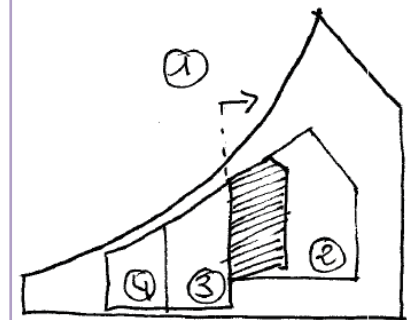
Pero la mayor parte del año las estrategias tienen que destinarse a aumentar la temperatura interior y evitar las pérdidas caloríficas, por eso un buen aislante, ganancia solar o ganancias internas (derivadas del uso e

iluminación) son las estrategias de diseño básicas que se han de tomar desde las primeras decisiones de proyecto.

- (1).- Inclinción del sol.
Solsticio de verano: 70°,
equinoccios, 47°; solsticio de invierno: 22°.



- (2).- Según el climograma de Givoni, las estrategias más adecuadas serían:



1. Protección solar
2. Ventilación natural nocturna
3. Ganancias internas
4. Sistemas solares pasivos y activos.

Conclusiones parciales I

Como una de las estrategias básicas para el verano es sombrear, se utiliza el software Helios para calcular cual sería el parasol más apropiado, si tenemos en cuenta que queremos protegernos de la radiación solar de junio a finales de septiembre, tal y como nos indica la ilustra-

ción 7, donde podemos ver los consumos de calefacción y refrigeración, suponiendo que los meses donde se necesita refrigerar no se necesita ganancia solar y por tanto son los meses más adecuados para sombrear.

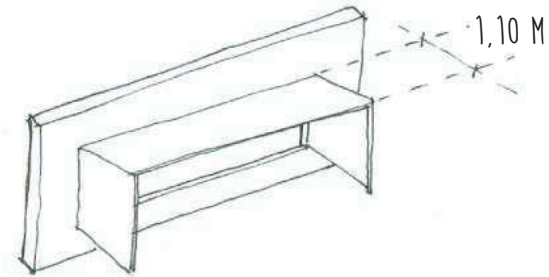
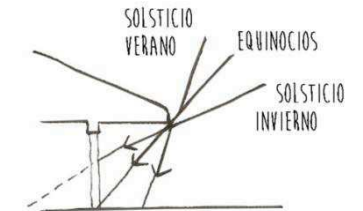
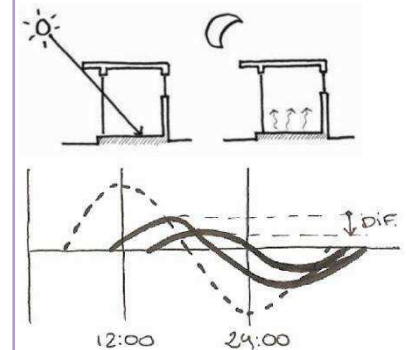


Ilustración 4.8. Medidas del parasol del prototipo con orientación sur.

(1).- Uso de parasoles para disminuir la temperatura en verano.



(2).- Uso de masa térmica.



(3).- Gran diferenciación entre verano e invierno.

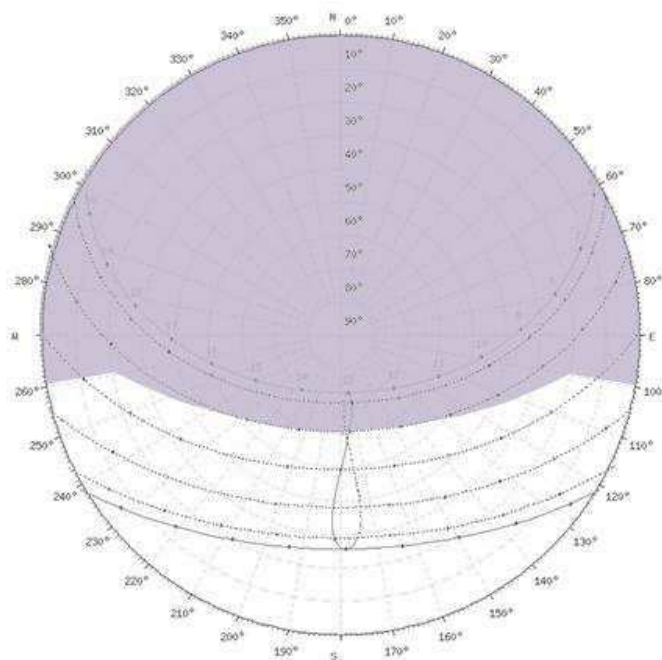
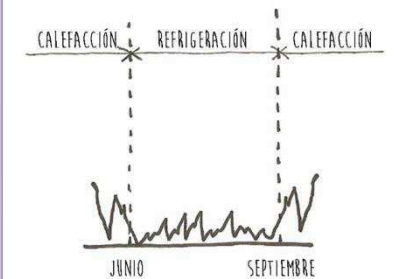


Ilustración 4.9. Sombreamiento real producido por el parasol sur.

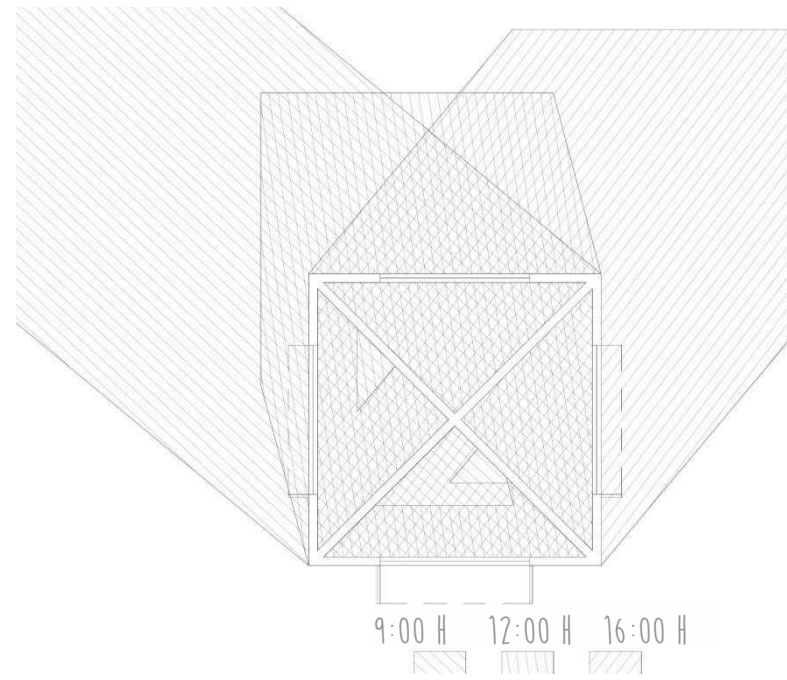


Ilustración 4.10. Esquema de sombra y ganancias solares en el solsticio de invierno.

Clima frío-húmedo

Análisis II

Como se puede observar en la imagen 10, el sombreado en los meses de verano ha propiciado un descenso considerable de las temperaturas, de forma que ahora, salvo algunas pocas semanas, se está de forma ininterrumpida en la zona de confort desde abril hasta finales de octubre.

El problema se encuentra durante el invierno, ya que el uso de la masa térmica no ha hecho aumentar las temperaturas, sino que ha hecho disminuirlas aún más durante el día, aunque apenas ha aumentado las temperaturas durante la noche.

Energía demandada total (KWh)	6551.28
Energía demandada por m ² (KWh/m ²)	82.87
Ahorro respecto inicial (%)	7,35

Tabla 4.2. Energía total consumida.

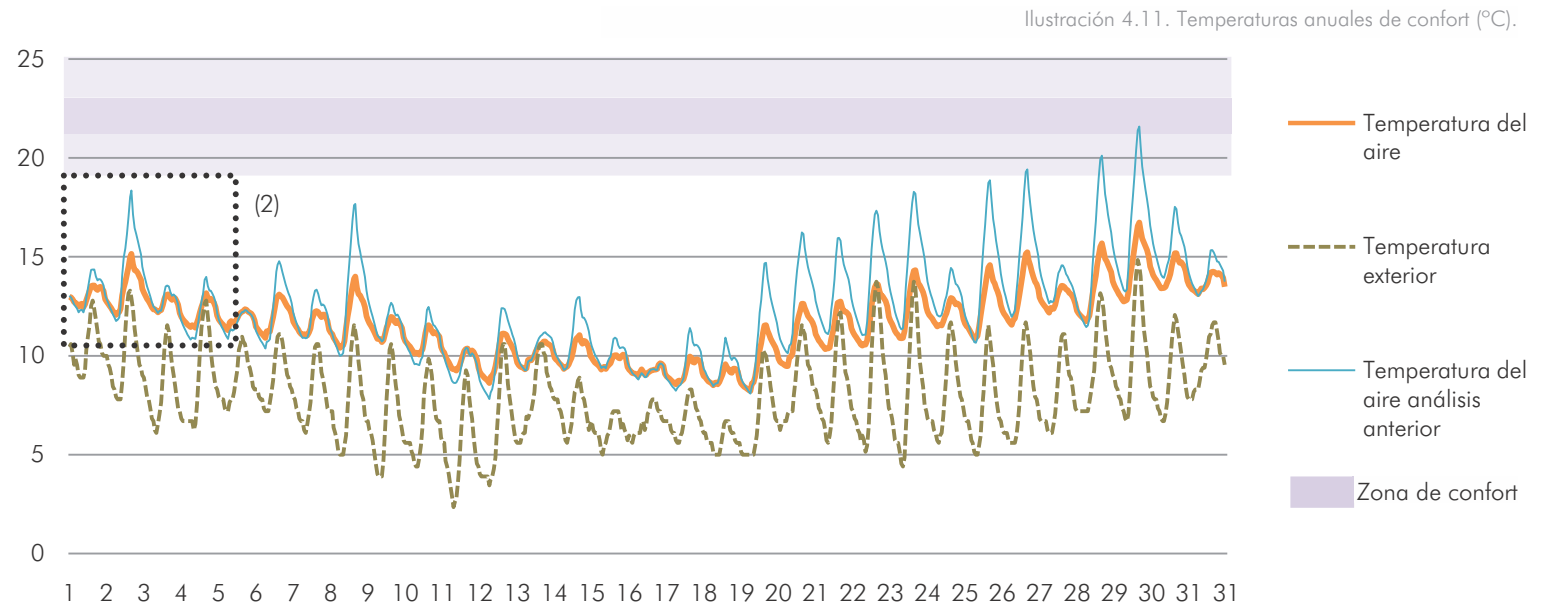
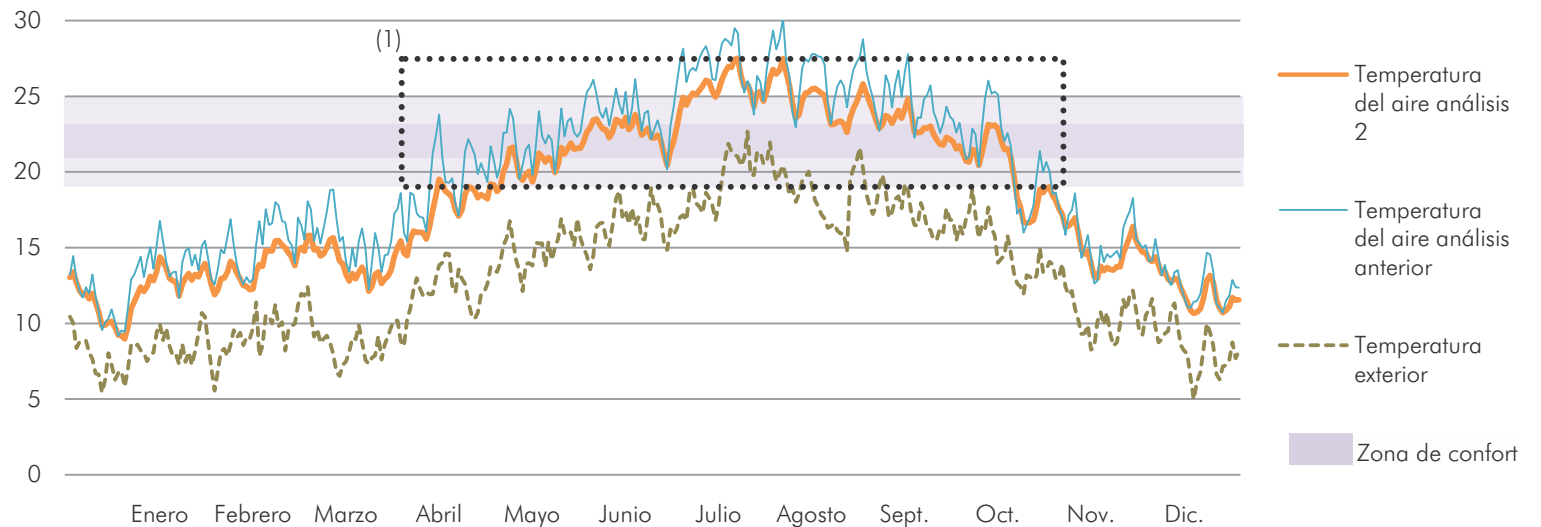
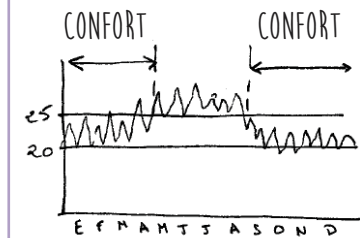
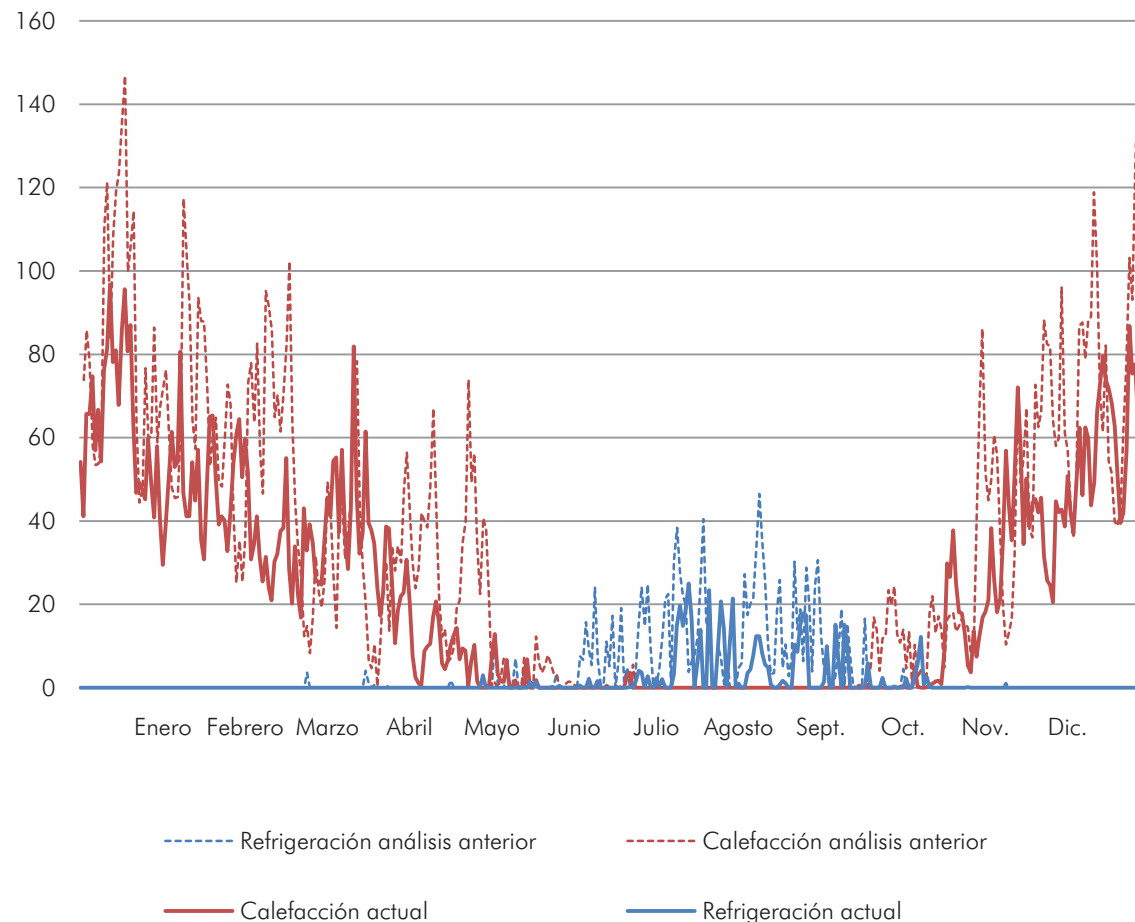


Ilustración 4.12. Temperaturas de confort durante el mes de enero (°C).

Conclusiones parciales II

Los resultados del análisis anterior son muy reveladores. Nos muestran, por una parte, la eficacia del sombreadamiento en este tipo de clima, que mejora las temperaturas en verano, y por tanto no tendríamos que hacer ninguna estrategia más en verano para alcanzar la zona de confort, salvo quizá en el mes de julio ventilación nocturna que evite tener picos de altas temperaturas.

El problema en este clima es, por tanto, el invierno. La masa térmica no ha funcionado para bajar las temperaturas, por lo que se propone combinarla con un cierre térmico nocturno: las ventanas, que por su propia naturaleza y valor de transmitancia suponen *per se* un puente térmico, se «cierran» por la noche para evitar la pérdida de energía. Esto significa poner un elemento al interior que haga disminuir las pérdidas.



(1).- Gracias a las modificaciones, desde marzo a octubre se está en la zona de confort.

(2).- La masa térmica disminuye las temperaturas durante el día pero no las aumenta durante la noche (invierno).

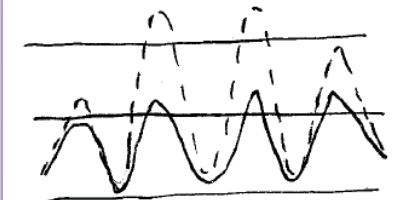


Ilustración 4.13. Desglose de gastos de energía (KWh) necesarios para aclimatar la vivienda.

Clima frío-húmedo

Análisis III

En el gráfico anexo se puede ver como en verano las temperaturas no han descendido, por lo que se puede concluir que la ventilación nocturna con temperaturas interiores «tan bajas» y tan cercanas a las temperaturas exteriores no funciona.

Mientras tanto en invierno sí se observa un ligero incremento general de las temperaturas, fruto del cierre térmico, aunque aún sigue siendo insuficiente para alcanzar la zona de confort, y ya no hay más estrategias posibles para intentar solventarlo.

Energía demandada total (KWh)	6467.61
Energía demandada por m ² (KWh/m ²)	81.81
Ahorro respecto inicial (%)	8,56
Ahorro respecto modificación anterior (%)	1,28

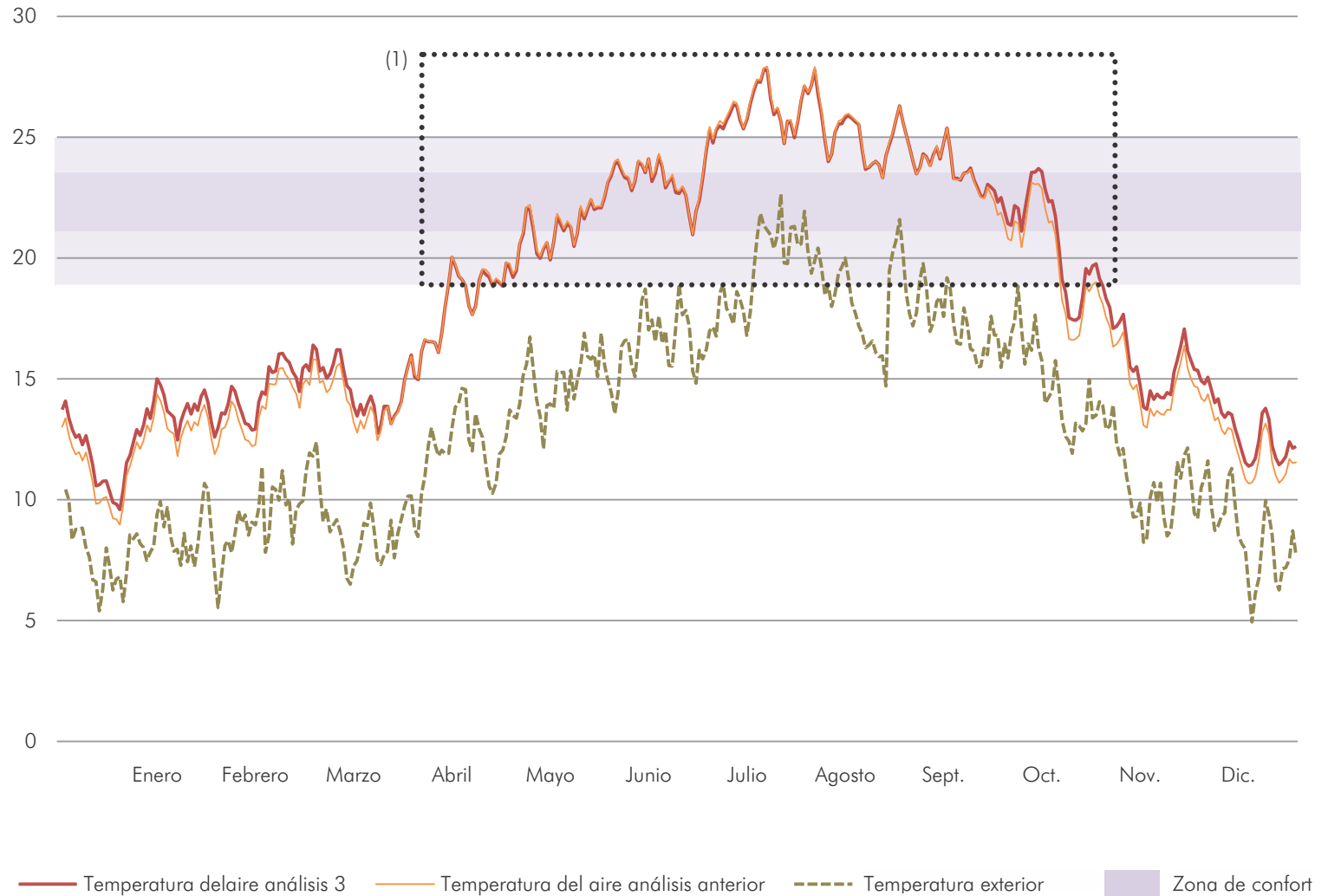


Tabla 4.3. Energía total consumida.

Ilustración 4.14. Temperaturas anuales de confort (°C).

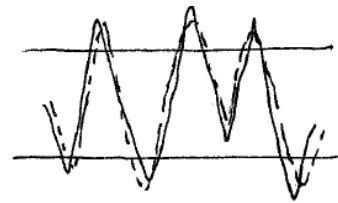
Conclusiones finales

Comparando las tres temperaturas obtenidas de los tres análisis, descubrimos que hemos aumentado considerablemente las horas del año que están dentro de la zona de confort, pero enseguida se descubre que la medida

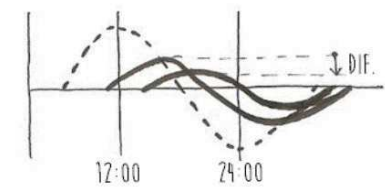
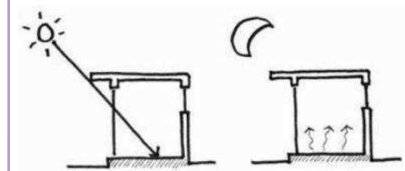
tomada en las primeras conclusiones parciales, de la utilización de masa térmica, no funciona y es muy contraproducente en invierno, ya que esta estrategia no está indicada para climas tan húmedos.

	Energía demandada total (KWh)	Energía demandada por m ² (KWh/m ²)	Ahorro respecto inicial (%)	Ahorro respecto Modificación Interior (%)
Análisis 1	7067.86	89.41	-	-
Análisis 2	6551.28	82.87	7,35	-
Análisis 3	6467.61	81.81	8,56	1,28

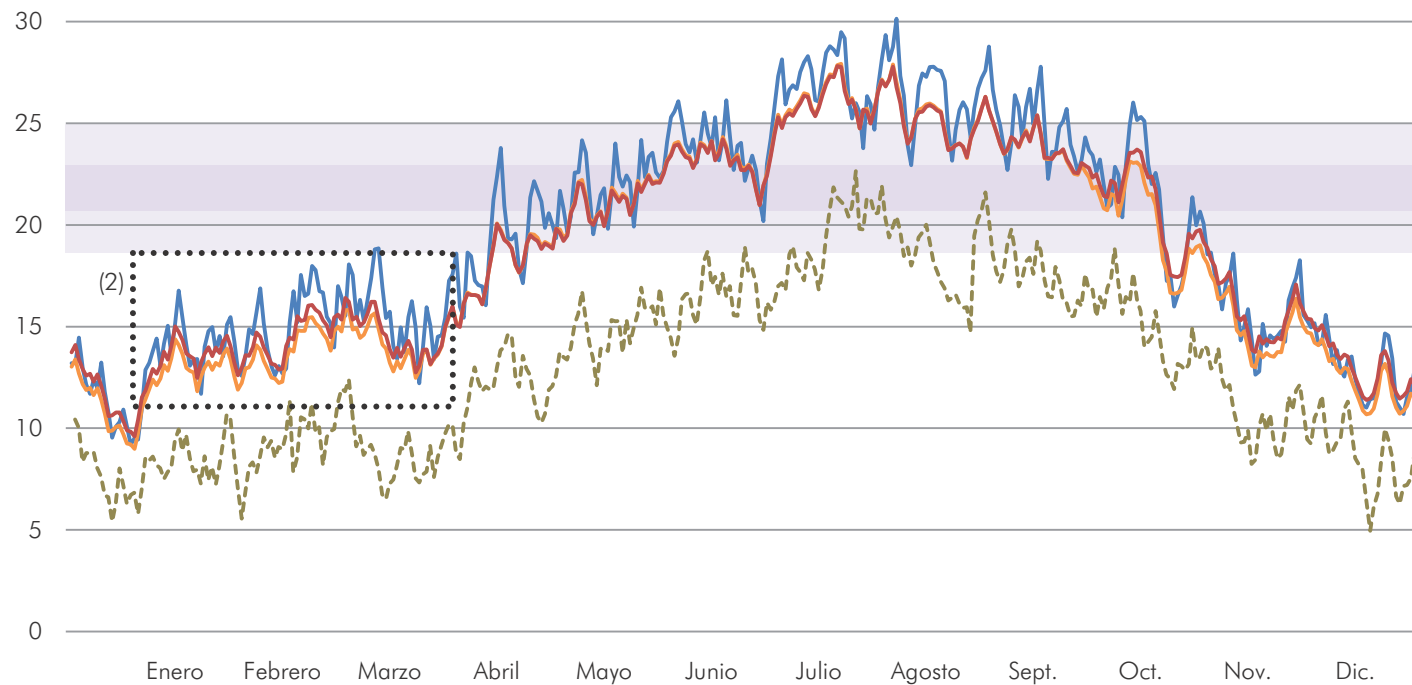
Tabla 4.4. Energía total consumida.



(2).- La peor medida ha sido el uso de masa térmica, por lo que se concluye como contraindicado para climas tan húmedos.



SÓLO EN CLIMAS SECOS



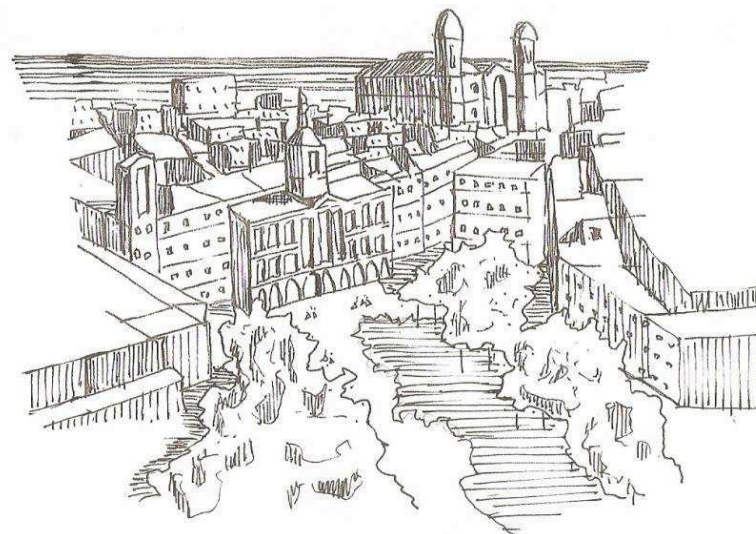
— Temperatura del aire análisis 1 — Temperatura del aire análisis 2 — Temperatura del aire análisis 3 - - - Temperatura exterior

Ilustración 4.15. Temperaturas anuales de confort (°C).

Capítulo 5 | Clima cálido-húmedo | Cádiz

Subíndice

Introducción	62
Datos bioclimáticos	63
Análisis I	65
Conclusiones parciales I	66
Análisis II	67
Conclusiones parciales II	68
Análisis III	69
Conclusiones finales	70



Introducción

- Situación

Cádiz es la capital de la provincia del mismo nombre, en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

- Clima

La ciudad de Cádiz tiene uno de los climas más extremos de la península ibérica, debido a las altas temperaturas típicas del sur de España, sumando a la gran humedad relativa de la ciudad.

- Condicionantes ambientales

El condicionante ambiental más notorio en la ciudad es su situación respecto al mar. Cádiz forma una península unida a tierra firme mediante un pequeño istmo, estando rodeada casi en su totalidad por el océano Atlántico. Esto convierte a Cádiz en una de las ciudades españolas con la humedad relativa más alta.

Si además a esto le sumamos la latitud que tiene, encontramos unas temperaturas muy elevadas durante todo el año, con unas temperaturas medias en invierno superiores a los 12°.

- Geografía

El casco urbano de la ciudad se encuentra en una pequeña península. Esto hace que los espacios de expansión natural de la ciudad sean escasos y resulta en una densidad de población muy alta.

Esta densidad de población junto con las temperaturas tan altas han hecho un modelo de ciudad muy característico, de calles estrechas e irregulares con el objeto de impedir la entrada de sol y proporcionar sombra.

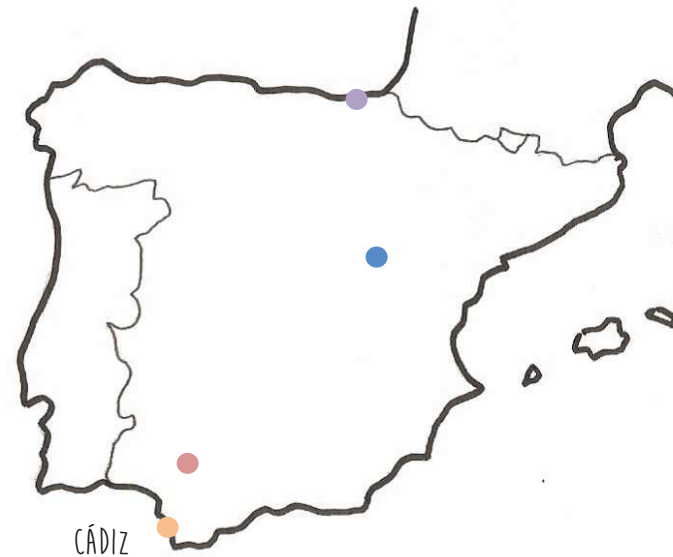


Ilustración 5.1. Situación Cádiz en España.

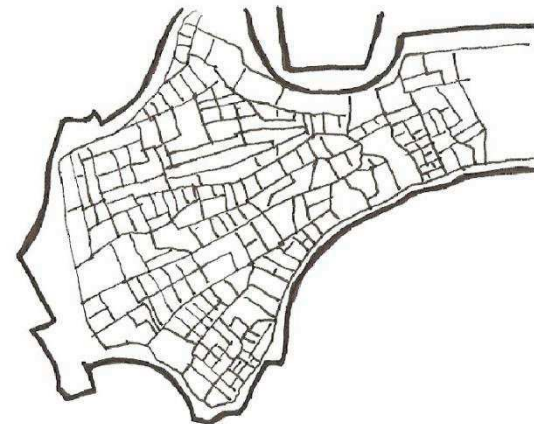
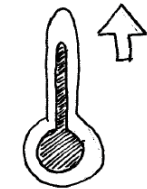


Ilustración 5.2. Plano del casco histórico de Cádiz.

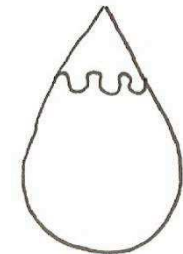
(1). Clima caracterizado por:

- Latitud: 36,32°

- Altas temperaturas a lo largo del año.



- Alta humedad relativa.



Clima cálido-húmedo

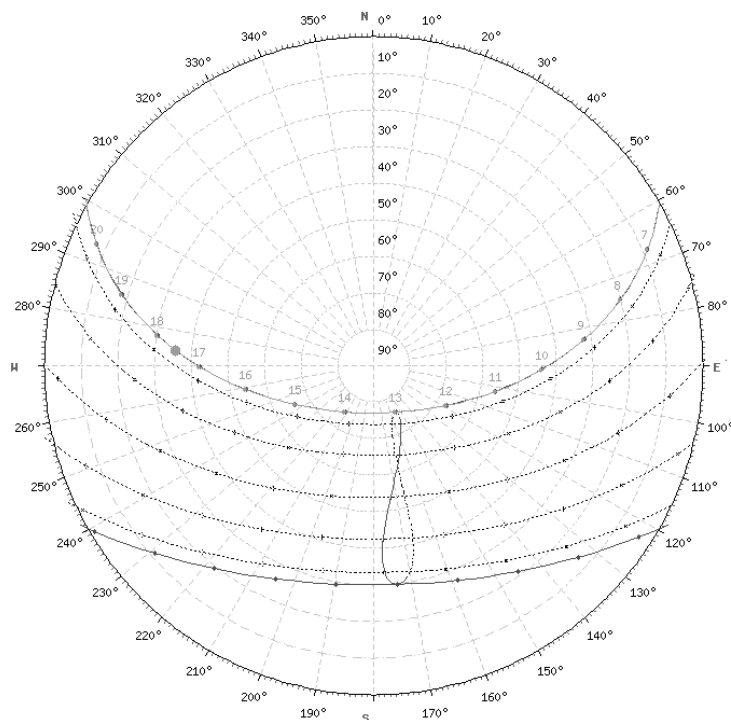


Ilustración 5.3. Carta solar. Datos obtenidos de www.sunearthtools.com.

Datos bioclimáticos

- Carta solar

Cádiz es la ciudad más al sur de las ciudades a estudiar, y se encuentra a 36° norte.

Esta peculiaridad la convierte en la ciudad donde las radiaciones solares llegan más perpendicularmente, lo que conlleva un aumento considerable de las temperaturas, ya que los rayos solares tienen que atravesar mucha menos masa atmosférica que en las latitudes más nortes del país.

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. Media (°C)	12.7	13.8	15.5	16.8	19.1	22.4	24.6	25.0	23.3	20.3	16.5	13.9	18.6
Precip. total (mm)	69.0	58.5	34.7	45.2	26.9	6.7	0.2	1.7	23.8	67.3	97.7	92.3	524
Días de precip. (> 1 mm)	7	6	5	6	3	1	0	0	3	6	7	8	52
Horas de sol	184	197	228	255	307	331	345	336	252	228	187	166	4832
Humedad rel. (%)	75	74	71	69	70	69	68	70	71	74	74	76	71.8

Tabla 5.1. Parámetros climáticos promedio de Cádiz (1981-2010). Datos obtenidos de Agencia Estatal de Meteorología (www.aemet.es).

- Datos climáticos

La presencia del mar suaviza las temperaturas, por lo que no hay grandes oscilaciones ni estacionales ni entre el día y la noche. La diferencia de temperatura media entre el mes más frío y el más cálido es de menos de 15°, pero aún así se distingue bien la estación de invierno con la de verano.

Las lluvias son escasas en verano y más abundantes durante el resto del año, aunque no son muy abundantes, lloviendo tan solo un 15% de los días del año.

- Rosa de los vientos

Tanto en verano como en invierno encontramos dos posibilidades de dirección del viento: levante (dirección al mar) y poniente (dirección a tierra).

El viento que sopla de levante trae consigo el aire cálido y seco del interior peninsular, lo que hace disminuir la sensación térmica, mientras que el viento de poniente trae la humedad y las bajas temperaturas del mar y hacen disminuir la sensación térmica en la ciudad. Cabe destacar que en invierno el viento de poniente es el más común, lo que conlleva un descenso de las temperaturas.

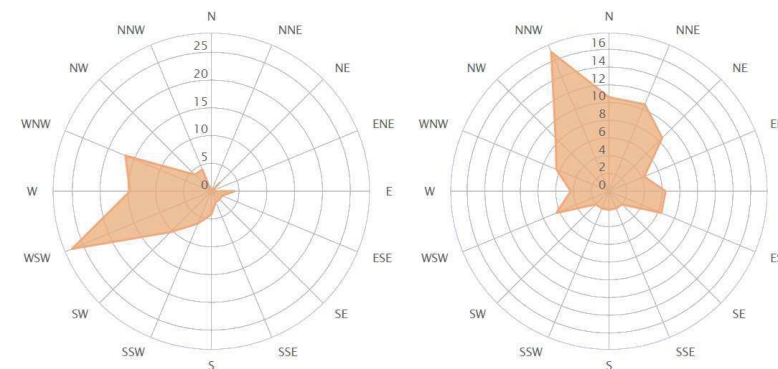


Ilustración 5.4. Distribución de la dirección del viento (en %) en verano e invierno. Datos obtenidos de: IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), 2010.

- Sistemas idóneos a aplicar:

1. Sombreado de ventanas
2. Masa térmica + ventilación natural nocturna
3. Ventilación natural
4. Ganancias internas
5. Sistemas solares pasivos.

Aplicando estos sistemas se conseguiría, teóricamente, que un 88% de las horas del año no se necesitase sistemas de calefacción ni refrigeración.

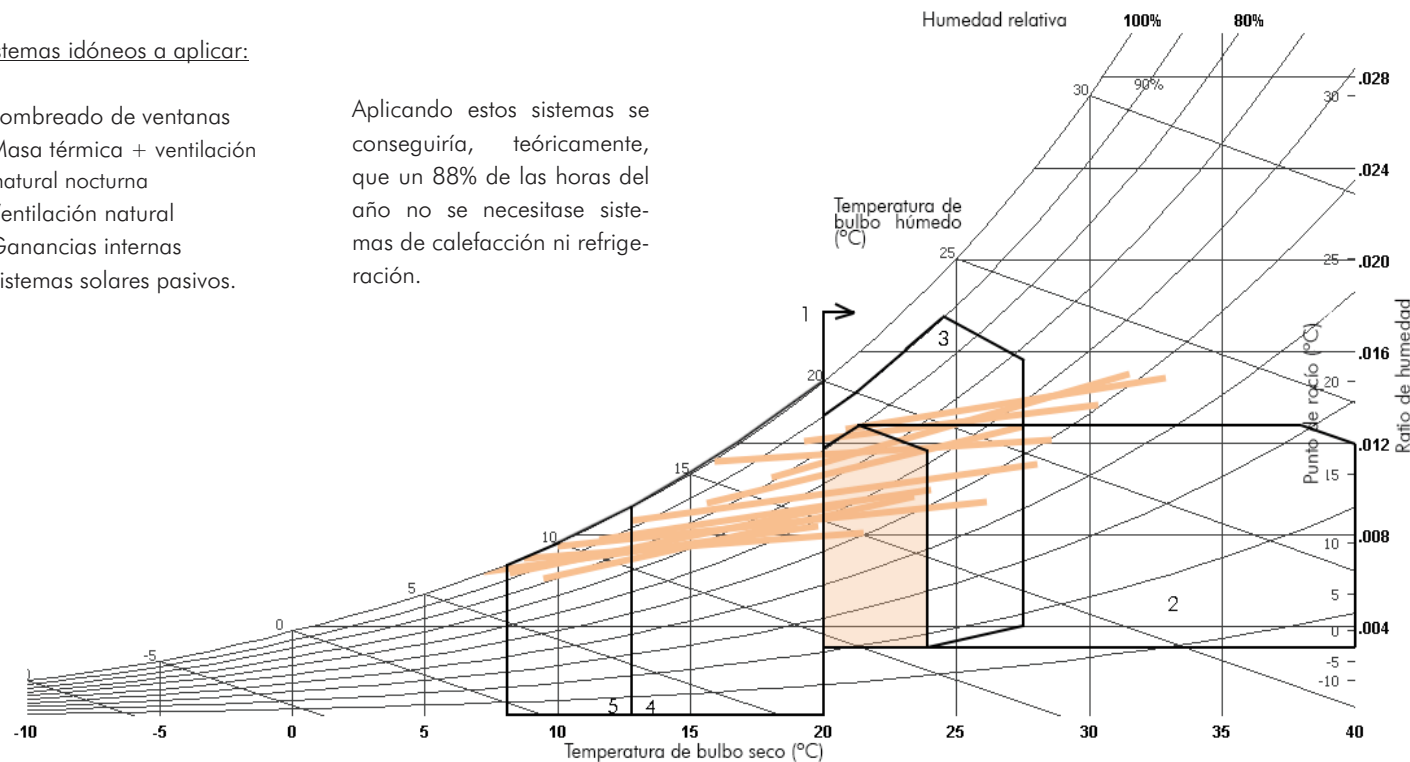


Ilustración 5.5. Climograma de Givoni y datos de porcentaje de confort. Obtenidos con el programa Climate Consultant 6.0.

- Climograma

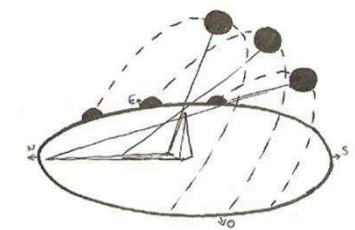
En el climograma de Givoni con los datos de la ciudad podemos comprobar empíricamente cómo es el clima de la ciudad. Está caracterizado por sus altas temperatura casi todo el año y por la gran humedad que

hay en el ambiente. De hecho este valor puede sobrepasar el 90% en algunas épocas del año, y rara vez baja de 50%.

Por todo esto las estrategias que deben de tomarse están

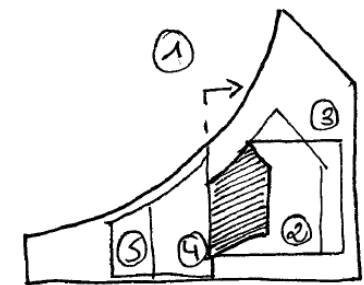
dirigidas principalmente a disminuir las temperaturas, como un correcto uso de parasoles, la combinación de masa térmica y ventilación nocturna y/o natural. Sin embargo para las temperaturas más bajas en

invierno también hay que tomar medidas, aunque entre las ganancias internas y la aplicación de sistemas pasivos podría reducirse de forma considerable la necesidad de calefacción.



- (1).- Inclinación del sol.
Solsticio de verano: 78° ,
equinoccios, 53° ; solsticio de invierno: 30° .

- (2).- Según el climograma de Givoni, las estrategias más adecuadas serían:



1. Sombreado de ventanas
2. Masa térmica + ventilación natural nocturna
3. Ventilación natural
4. Ganancias internas
5. Sistemas solares pasivos.

Clima cálido-húmedo

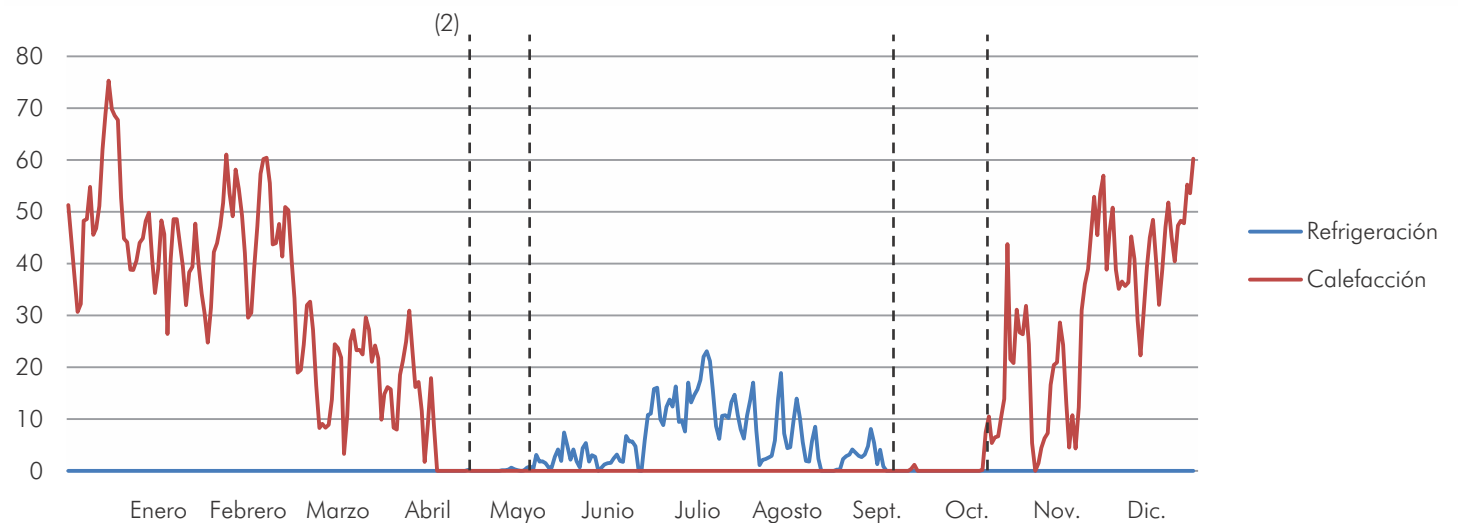
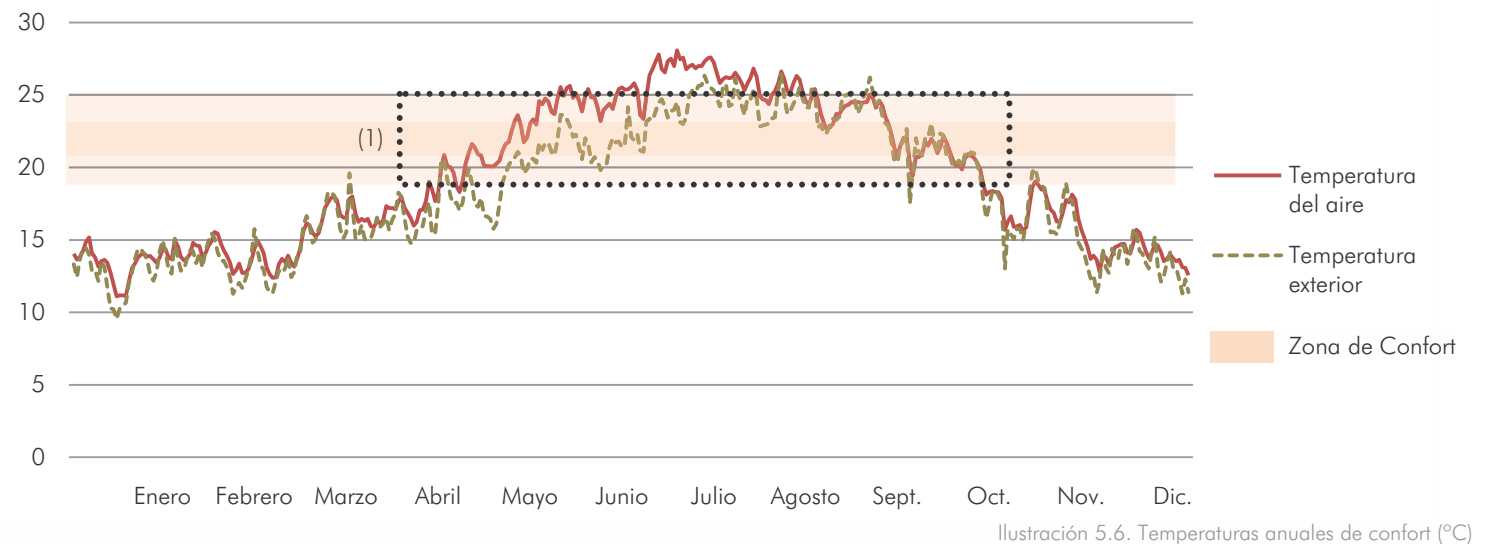
Análisis I

Observando la gráfica de temperaturas interiores, se puede destacar que en invierno las temperaturas interiores y exteriores son casi iguales, y en verano son un poco superiores.

Cabe también destacar que una gran parte del año no hace falta hacer ninguna estrategia ni usar sistemas convencionales en gran medida, ya que se encuentra la temperatura interior dentro del rango de la temperatura de confort, esto ocurre a finales de abril y durante el mes de mayo, así como a finales de septiembre y a principios de octubre.

Energía demandada total (KWh)	5412,07
Energía demandada por m ² (KWh/m ²)	83.49

Tabla 5.2. Energía total consumida.



Conclusiones parciales I

En un clima cálido como Cádiz se hace imperiosa la necesidad de tener una buena protección solar en los meses de verano. En este caso, los meses que necesitan más protección son de finales de mayo a principios de septiembre, ya que duran-

te el resto de meses del año o bien nos encontramos ya en la zona de confort, o bien necesitamos hacer uso de las ganancias solares para aumentar las temperaturas.

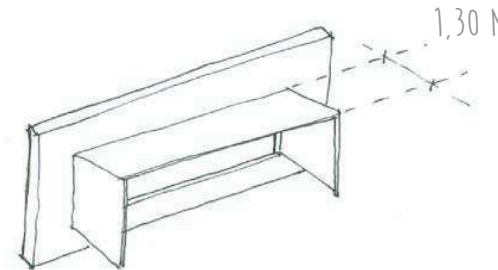


Ilustración 5.8. Medidas del parasol del prototipo con orientación sur.

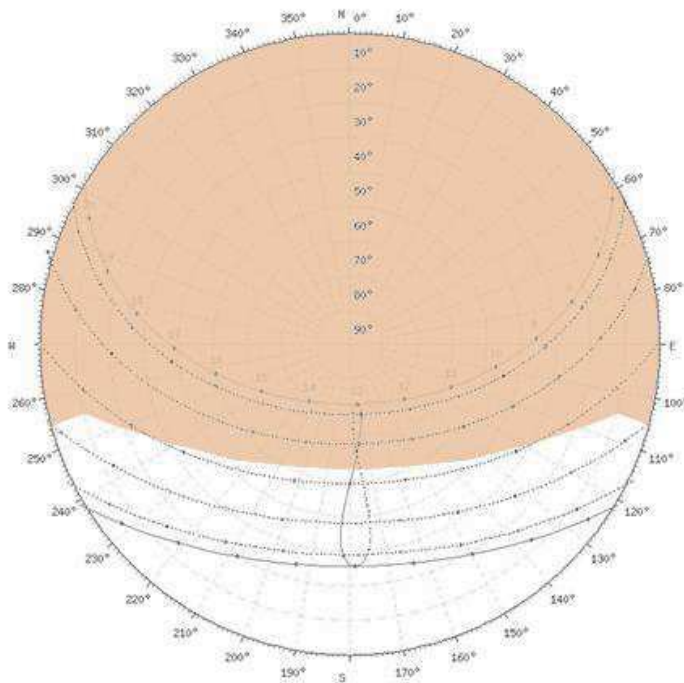


Ilustración 5.9. Sombreamiento real producido por el parasol sur.

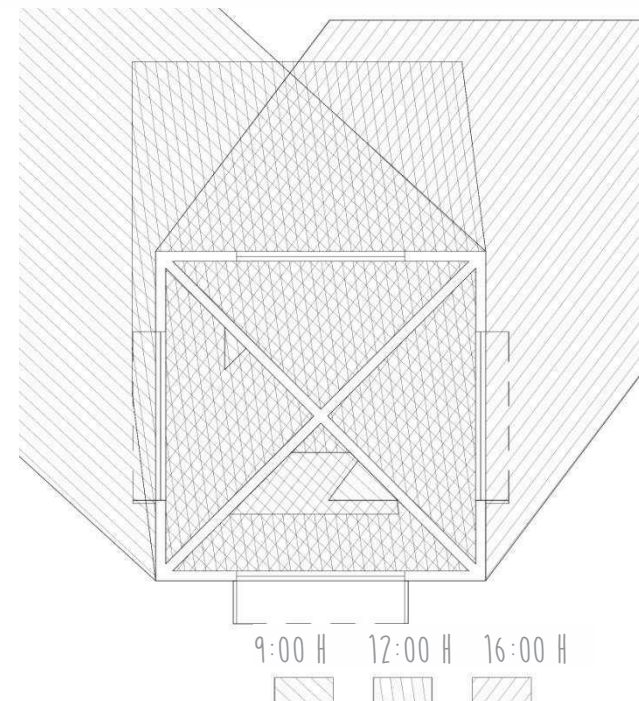
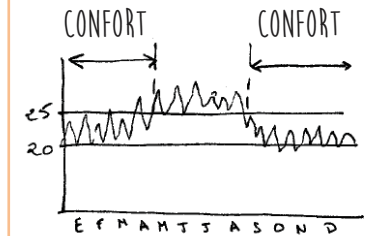
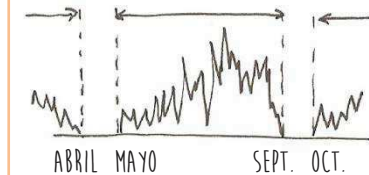


Ilustración 5.10. Esquema de sombra y ganancias solares en el solsticio de invierno.

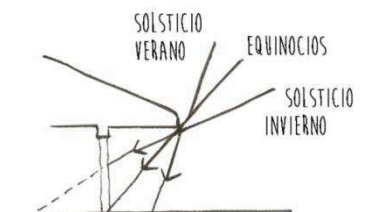
(1).- La mayor parte del año la vivienda ya se encuentra en la zona de confort.



(2).- Gran diferenciación entre verano e invierno, con una época en la que no se necesita ni calefacción ni refrigeración.



(3).- Uso de parasoles para disminuir la temperatura en verano.



Clima cálido-húmedo

Análisis II

Gracias a las modificaciones propuestas como conclusión al primer análisis, logramos obtener un descenso considerable de las temperaturas en verano, de forma que ya no es apenas necesario el uso de refrigeración en todo el año.

Respecto a las temperaturas en invierno, se ha conseguido elevarlas gracias a la masa térmica, aunque no es suficiente para alcanzar la temperatura de bienestar. Esta misma masa térmica también ha reducido la diferencia entre las temperaturas del día y la noche.

Energía demandada total (KWh)	4483,8
Energía demandada por m ² (KWh/m ²)	69,17
Ahorro respecto inicial (%)	17,15

Tabla 5.3. Energía total consumida.

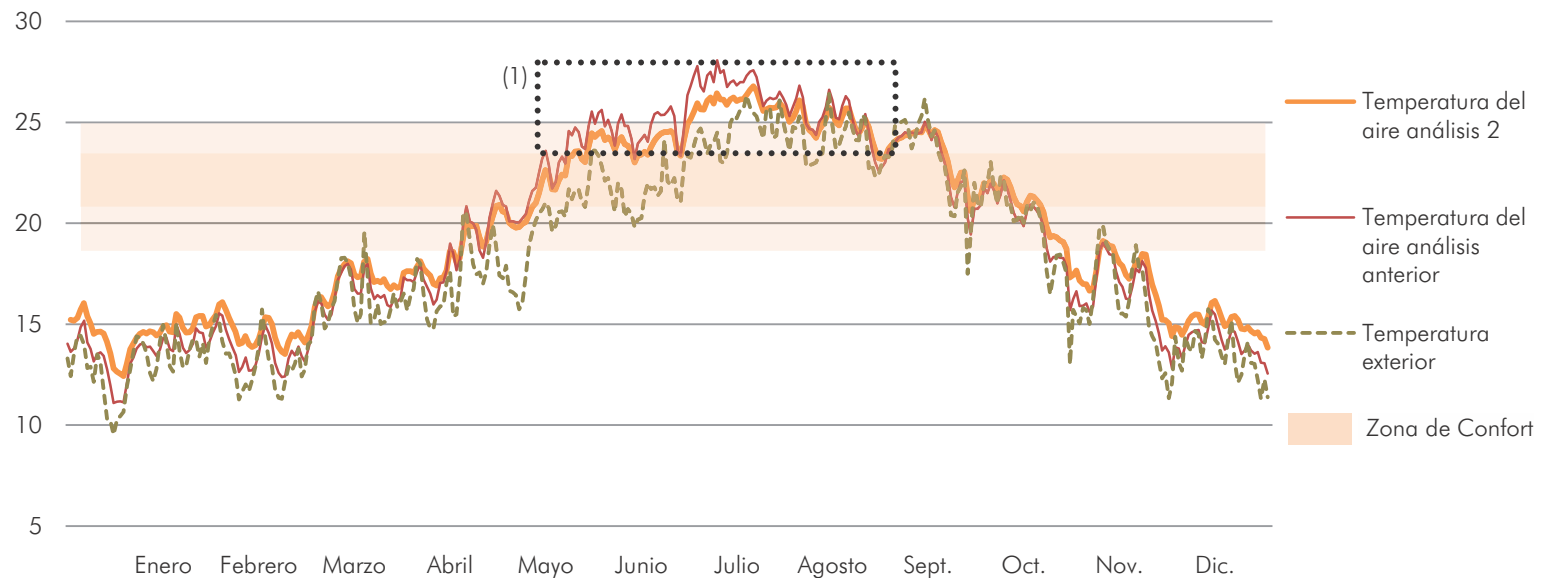


Ilustración 5.11. Temperaturas anuales de confort (°C).

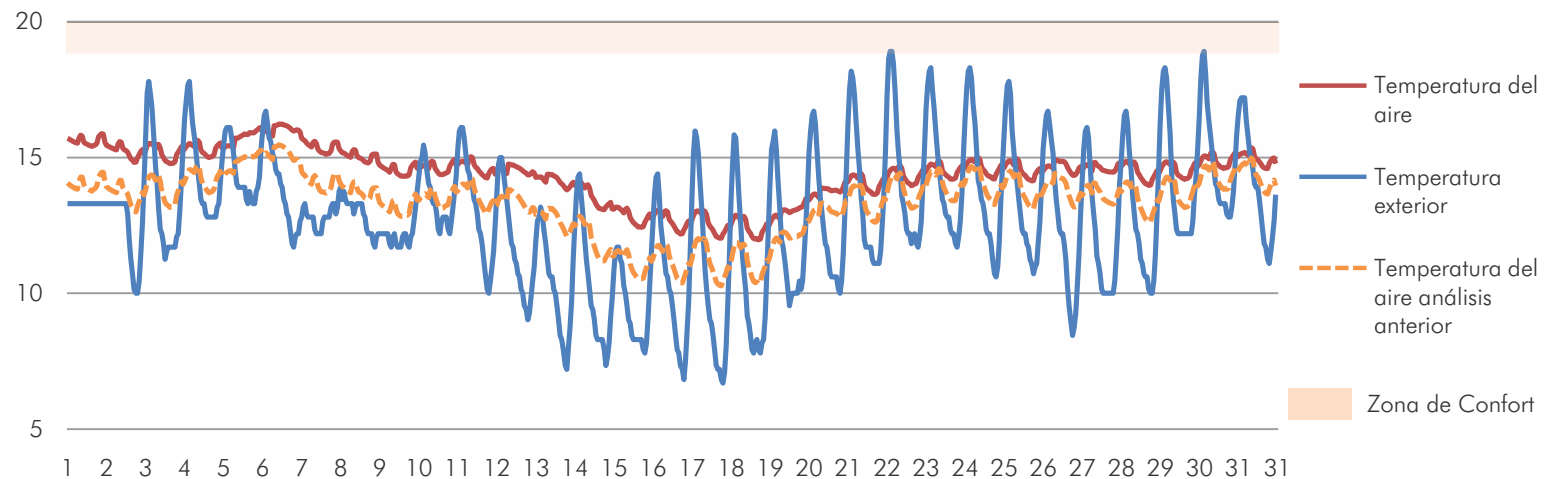
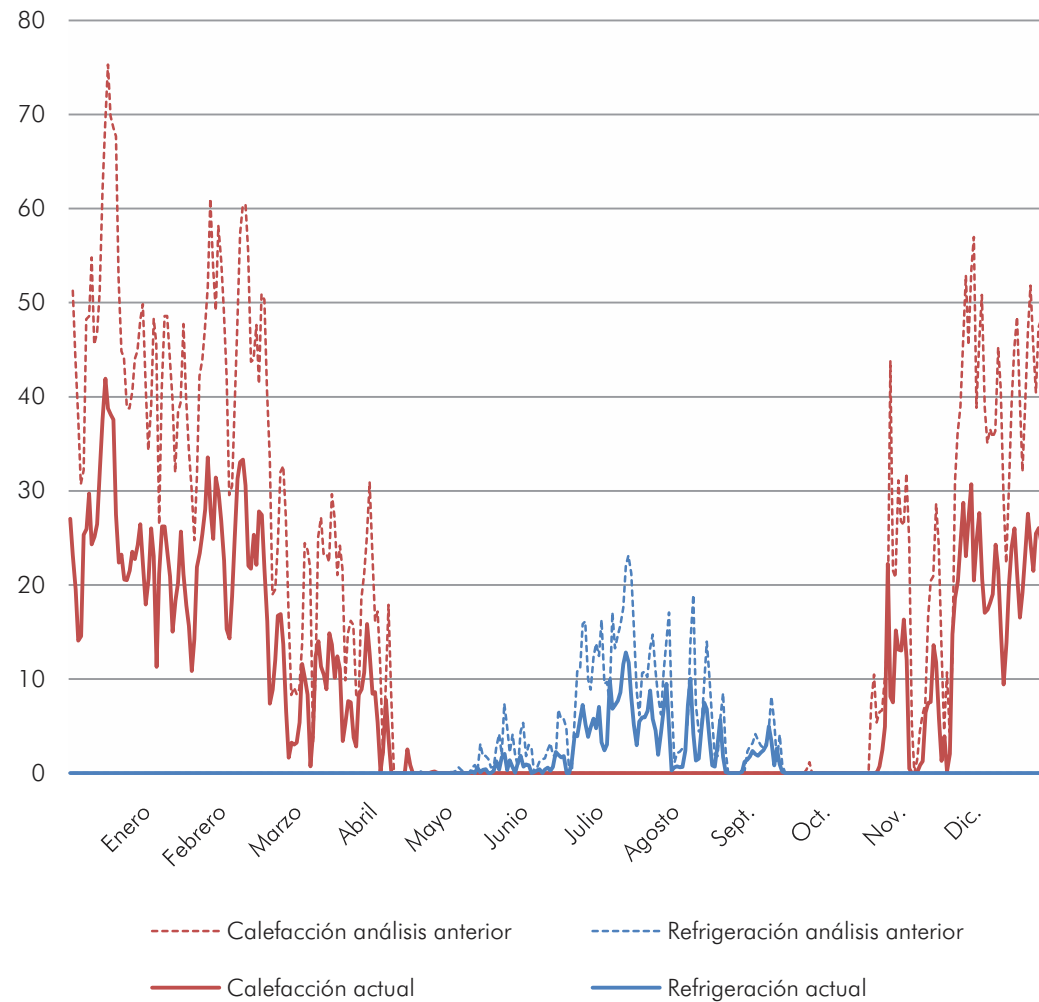


Ilustración 5.12. Temperaturas de confort (°C) durante el mes de enero.

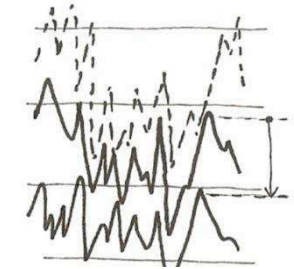
Conclusiones parciales II

Ya que en verano la temperatura ya está dentro de la zona de confort, tenemos que focalizar la atención en la época de invierno, donde tenemos que recurrir a sistemas solares pasivos para poder subir las temperaturas de forma considerable, tal y como señala el climograma de Givoni.

Para ello se recurre a la misma estrategia que en Molina de Aragón: se eliminan las ventanas orientadas al norte para sustituirlas por un lucernario orientado a sur, con los parasoles dispuestos de tal forma que sólo obtenga ganancias solares en invierno, y por tanto haga que la medida sea efectiva sólo para verano.



(1).- Descenso de las temperaturas en verano.



DISMINUCIÓN DE TEMPERATURAS

(2).- Se aplican estrategias solares pasivas para aumentar la temperatura en invierno.

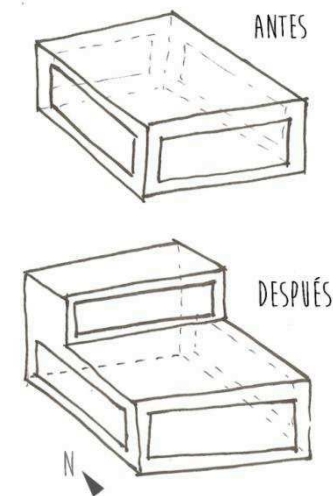


Ilustración 5.13. Desglose de gastos de energía (kWh) necesarios para aclimatar la vivienda.

Clima cálido-húmedo

Análisis III

Las medidas tomadas para subir las temperaturas en invierno han funcionado. Pero como se puede observar, aun habiendo tomado precauciones para evitar que esta medida afecte en verano (parasoles), afecta también a las temperaturas en esa época del año, posiblemente por el reflejo de los rayos solares en la cubierta del edificio, lo que hace aumentar las ganancias solares pese a los parasoles.

Energía demandada total (KWh)	3835,58
Energía demandada por m ² (KWh/m ²)	58,36
Ahorro respecto inicial (%)	30,09
Ahorro respecto modificación anterior (%)	12,94

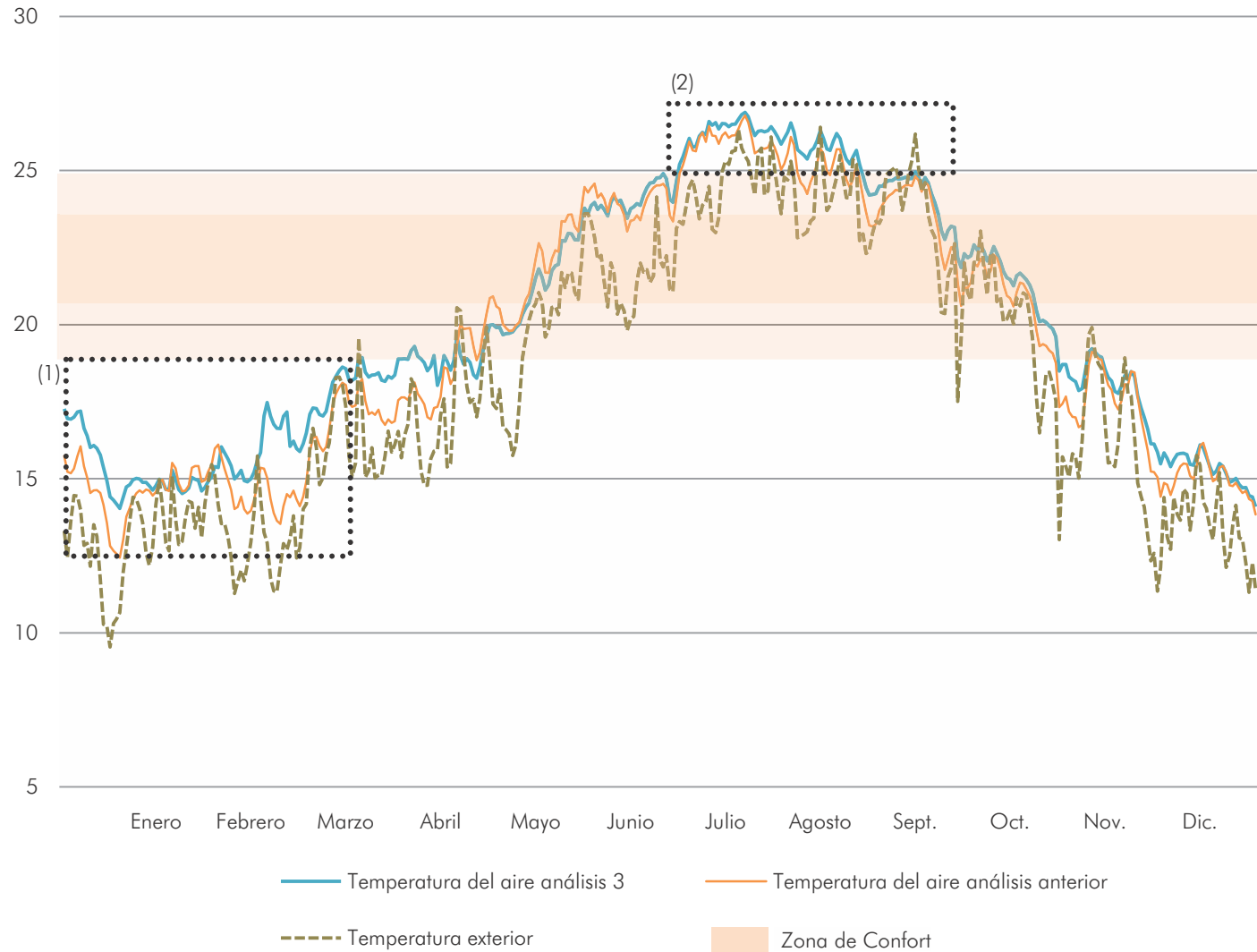


Tabla 5.4. Energía total consumida.

Ilustración 5.14. Temperaturas anuales de confort (°C).

Conclusiones finales

A continuación se comparan las tres temperaturas obtenidas en los análisis. Se descubre que las modificaciones realizadas han cumplido su función y han ayudado a acercar a la zona del bienestar las temperaturas en cada mes; sin embargo no ha sido

posible una gran modificación de las temperaturas, al igual que ocurrió en el otro clima húmedo. Esto nos señala que las temperaturas en los climas con una humedad relativa alta son más difíciles de modificar.

	Energía demandada total (KWh)	Energía demandada por m ² (KWh/m ²)	Ahorro respecto inicial (%)	Ahorro respecto modificación anterior (%)
Análisis 1	5412,07	83,49	-	-
Análisis 2	4483,80	69,17	17,15	-
Análisis 3	3835,58	58,36	30,09	12,94

Tabla 5.5. Energía total consumida.

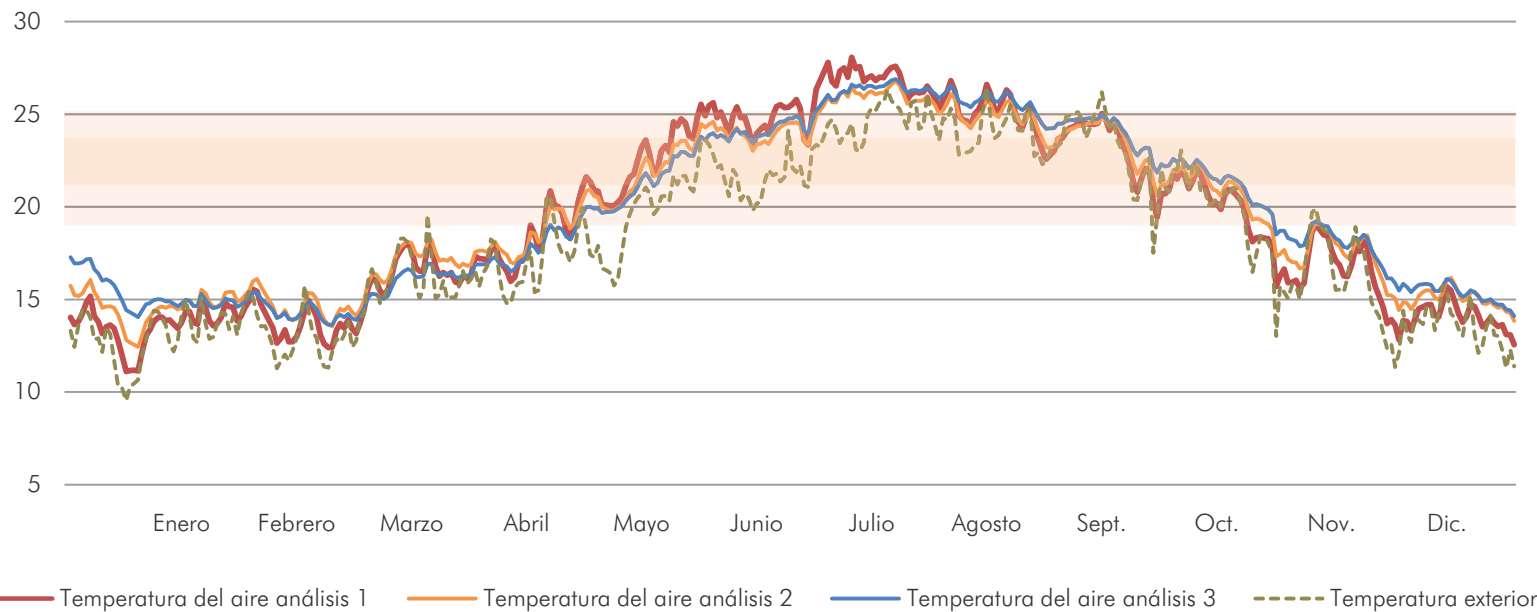
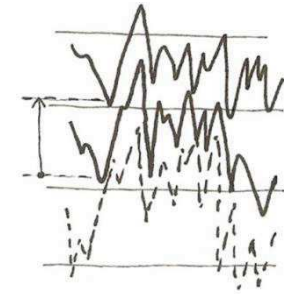
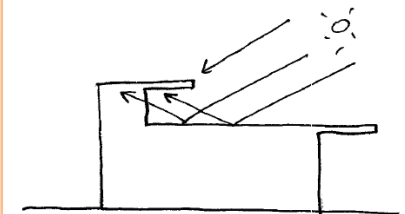


Ilustración 5.15. Temperaturas anuales de confort (°C).

(1).- Aumento general de las temperaturas en invierno.



(2).- Pese parasoles, aumento de temperatura en verano debido a la reflexión de la luz en la cubierta.



Capítulo 6 | Conclusiones

Subíndice

Conclusiones	74
Comparación análisis I	75
Desarrollo de estrategias	76
Frío-seco	76
Cálido-seco	77
Frío-húmedo	78
Cálido-húmedo	79
Comparación análisis III	80

Conclusiones

Conclusiones

En cada uno de los capítulos, y tras un exhaustivo análisis, se han hecho unas conclusiones de qué acciones serían las más idóneas para cada uno de los climas.

Ahora en este capítulo se hará un resumen de cada uno de los procesos que se han seguido para hallar esos resultados, así como un análisis comparativo de los diferentes climas y las estrategias que mejor definen el proceso a seguir en cada uno de ellos.

En la ilustración 1 podemos ver las temperaturas exteriores de las cuatro ciudades estudiadas. Vemos cómo los climas con las mismas temperaturas tienen gráficas parecidas, con la salvedad de que los húmedos tienen menos contraste y sus temperaturas son más constantes a lo largo del año, con menos picos de intensidad.

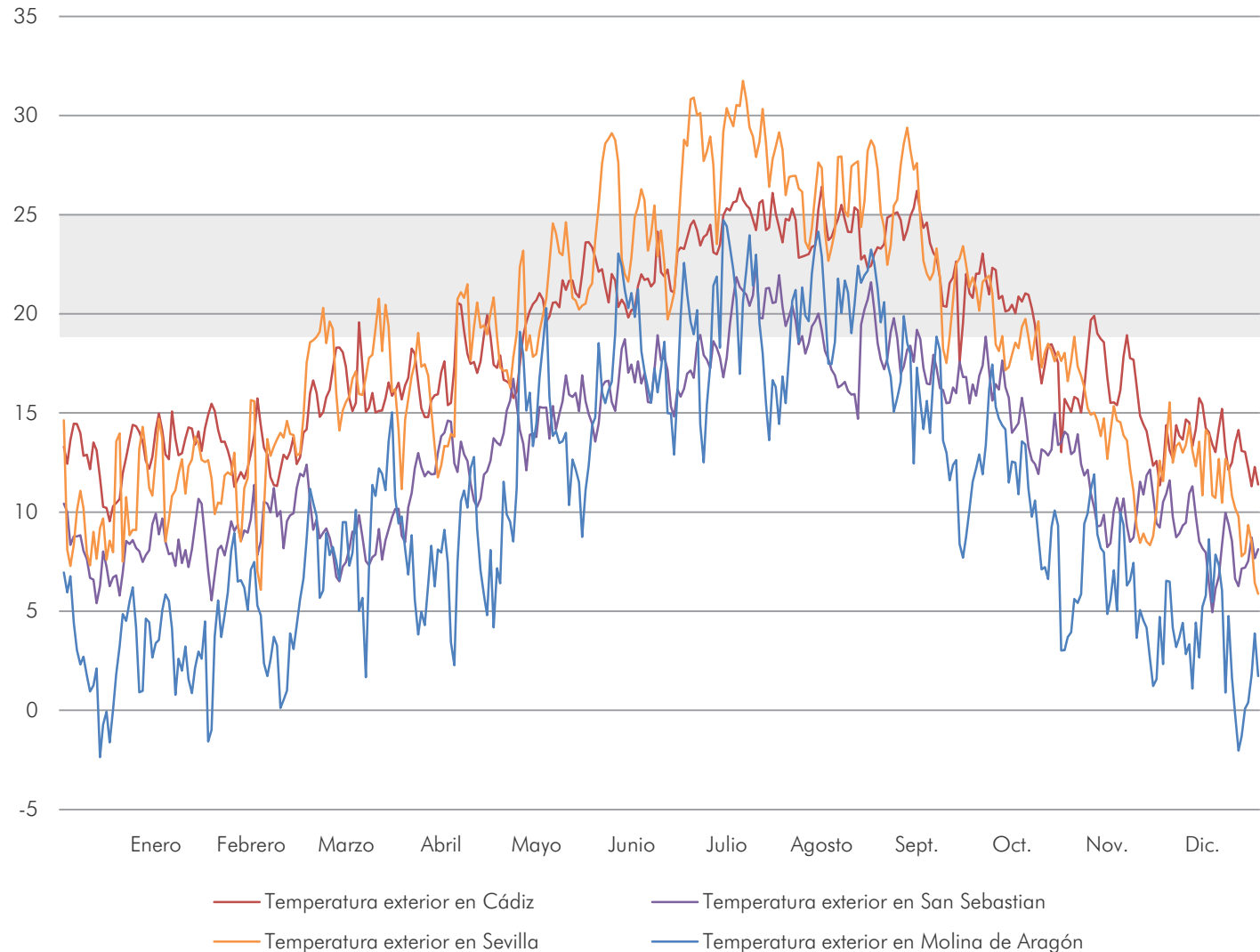


Ilustración 6.1. Comparación de las temperaturas exteriores en las cuatro ciudades de estudio.

Comparación de análisis I

En la ilustración 2 se puede observar las temperaturas interiores anuales del banco de pruebas sin modificar en cada una de las ciudades.

En el caso de las ciudades secas; Sevilla y Molina de Aragón, tenemos unas temperaturas más extremas que en las ciudades húmedas, donde la temperatura anual llega a ser muy parecida entre ellas.

También se observa en las ciudades secas una gran diferencia de temperatura a corto plazo y a lo largo del año que no se da en las ciudades húmedas

Por tanto se puede concluir que la humedad es un factor determinante a la hora de suavizar las temperaturas interiores, y por tanto que aumentar la humedad relativa de los climas secos es una estrategia básica.

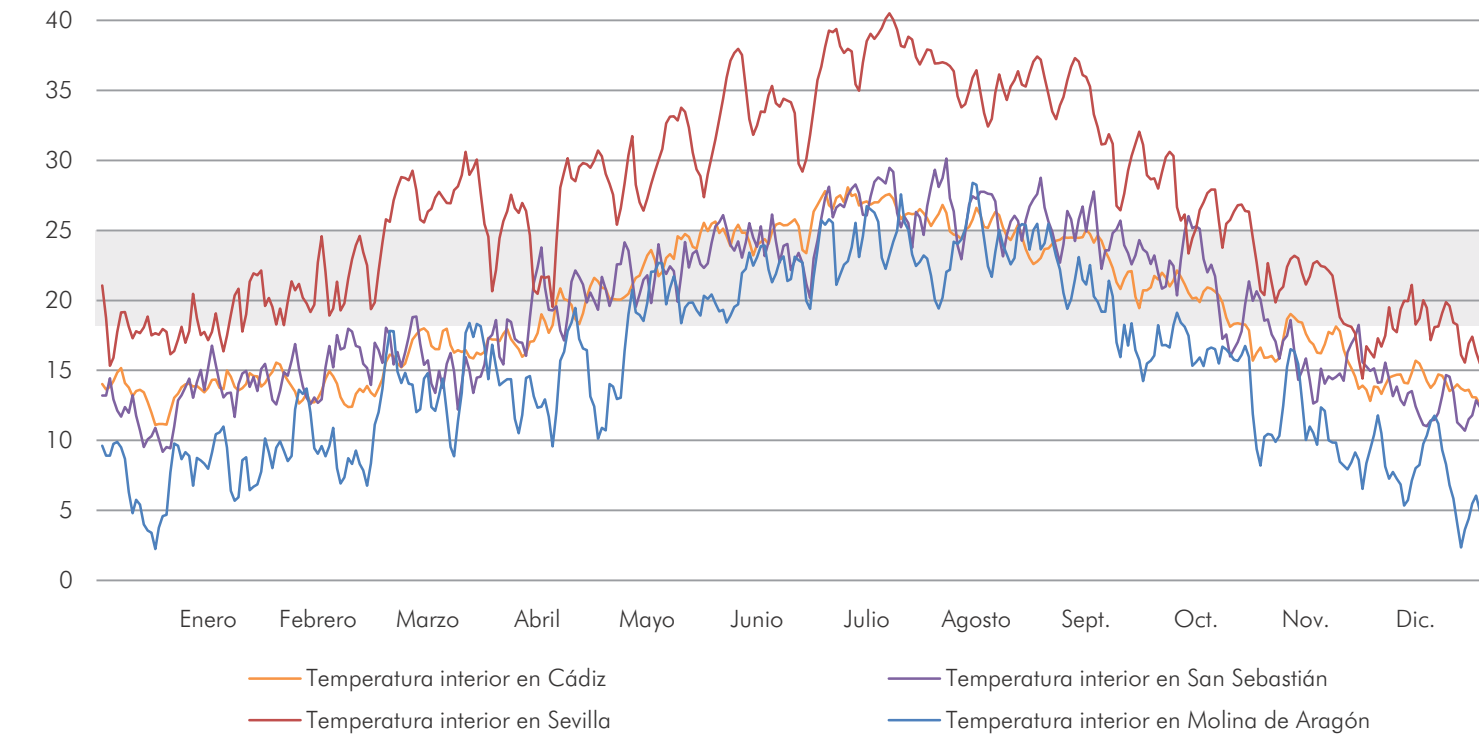


Ilustración 6.2. Comparación de las temperaturas interiores del mismo banco de pruebas sin modificar en los cuatro climas de estudio.

Las ciudades con climas húmedos tienen una temperatura interior parecida, sin importar que éstas estén consideradas en zona cálida o fría, fruto de la humedad, que tiene la propiedad de suavizar las temperaturas.

Los climas secos generan una gran diferencia de temperaturas en poco tiempo, dando lugar a diferencias de más de 10° en pocos días. Se demuestra otra vez que la humedad tiene la propiedad de suavizar las temperaturas.

Conclusiones

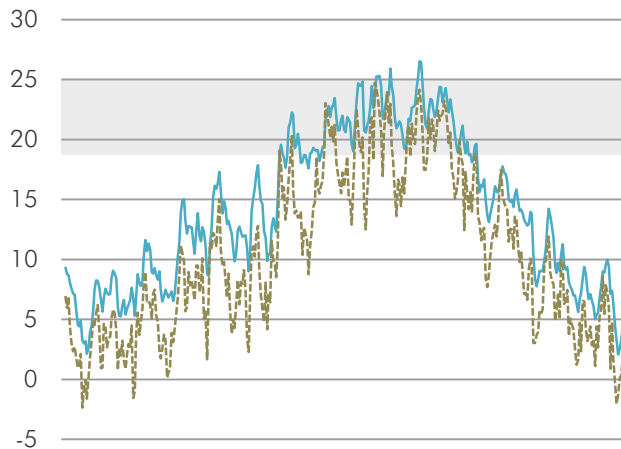
Clima frío-seco – Molina de Aragón

Problemas encontrados

Medidas a tomar

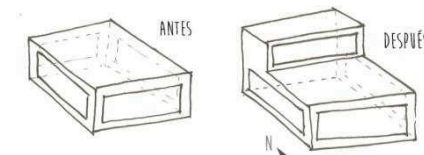
Resultados

Análisis 1

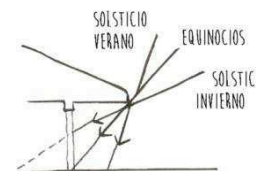


- Temperaturas muy bajas en invierno.
- Temperaturas en la zona de confort en verano.

- Eliminación de las ventanas orientadas a norte y sustitución por la misma superficie orientada a sur.



- Construcción de parasoles eficaces en verano (de junio a septiembre)

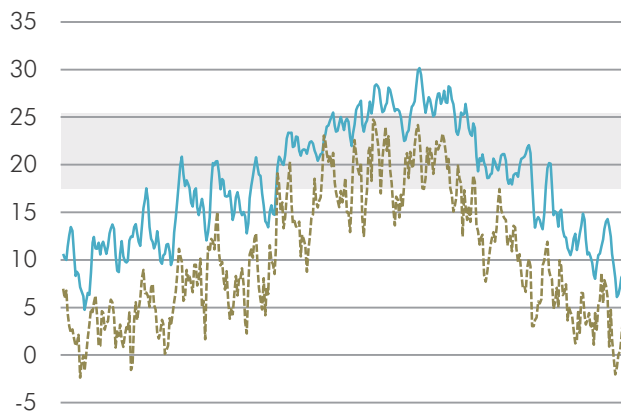


- Subida general de las temperaturas, incluyendo en verano, por lo que los parasoles no son del todo eficaces debido a la radiación que se refleja en la cubierta.

- Se ahorra un 30,85% de la energía.

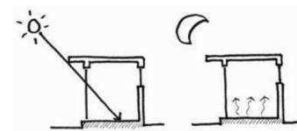
Energía demandada total (kWh)	Energía demandada por m ² (kWh/m ²)	Ahorro respecto inicial (%)
1167,61	123,92	30,85

Análisis 2

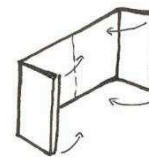


- Grandes diferencias de temperatura entre el día y la noche.

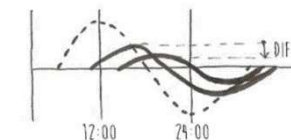
- Uso de masa térmica en el interior para reducir las oscilaciones de temperatura entre el día y la noche.



- Cierre térmico nocturno para evitar pérdida calorífica durante la noche.



- Estabilización de las temperaturas internas gracias al cierre térmico nocturno y al uso de masa térmica.



- Se ahorra un 55,15% de la energía inicial

Energía demandada total (kWh)	Energía demandada por m ² (kWh/m ²)	Ahorro respecto inicial (%)
7244,13	80,38	55,15

Desarrollo de estrategias

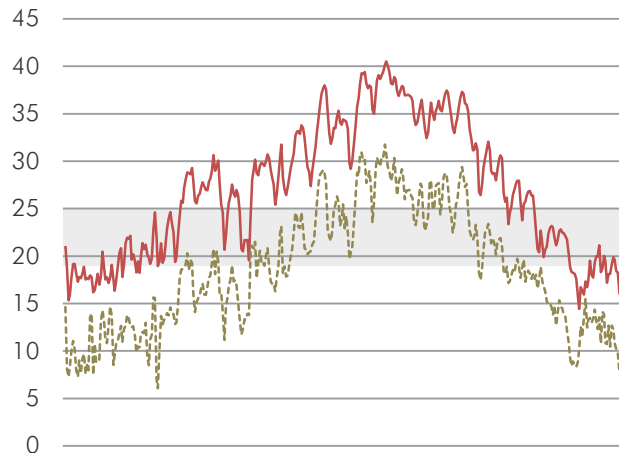
Clima cálido-seco – Sevilla

Problemas encontrados

Medidas a tomar

Resultados

Análisis 1

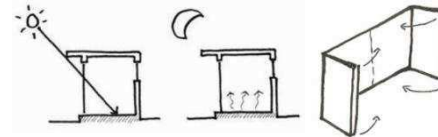


- Temperaturas muy altas en verano.

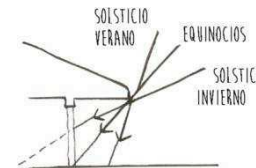
- Temperaturas en la zona de confort en invierno.

-Gran diferencia de temperatura entre el día y la noche.

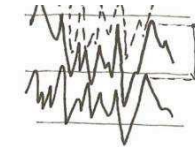
- Utilización de masa térmica combinado con un sistema de cierre térmico nocturno.



- Construcción de parasoles eficaces en verano (de marzo a noviembre)



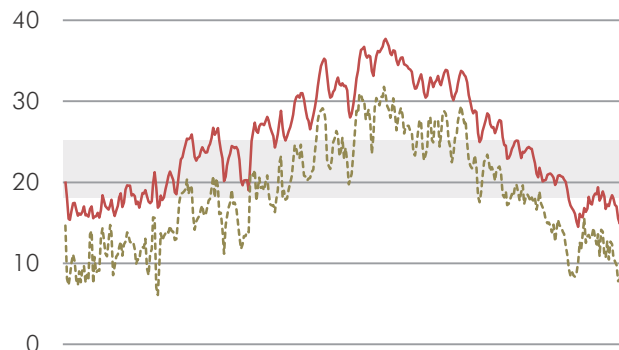
- Descenso general de las temperaturas, muy acusado en verano.



- Se ahorra un 30,85% de la energía.

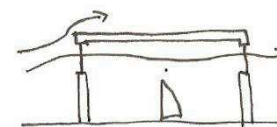
Energía demandada total (kWh)	Energía demandada por m ² (kWh/m ²)	Ahorro respecto inicial (%)
8271,80	102,32	37,66

Análisis 2



-Temperatura aún muy alta en verano.

- Ventilación nocturna en verano.



- Descenso de las temperaturas en verano.

- Se ahorra un 55,15% de la energía inicial

Energía demandada total (kWh)	Energía demandada por m ² (kWh/m ²)	Ahorro respecto inicial (%)
6577,03	85,10	48,16

Conclusiones

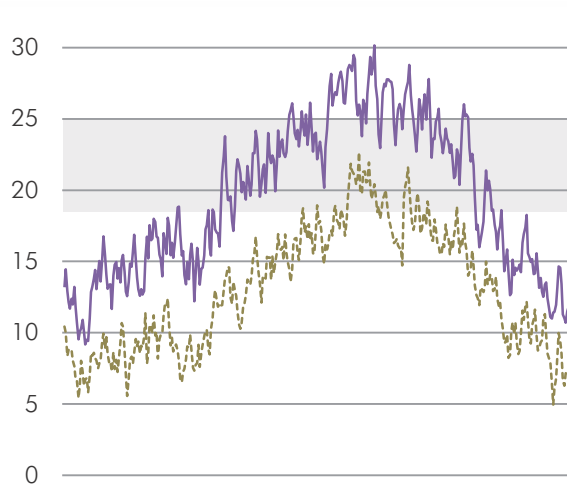
Clima frío-húmedo – San Sebastián

Problemas encontrados

Medidas a tomar

Resultados

Análisis 1

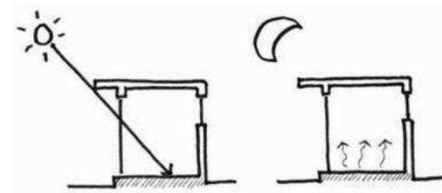


- Temperaturas altas en verano.

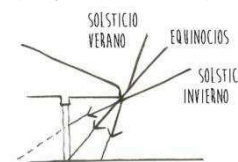
- Temperaturas en la zona de confort la mayor parte del año.

- Temperaturas muy bajas en invierno.

- Utilización de masa térmica.



- Construcción de parasoles eficaces en verano (de junio a octubre)



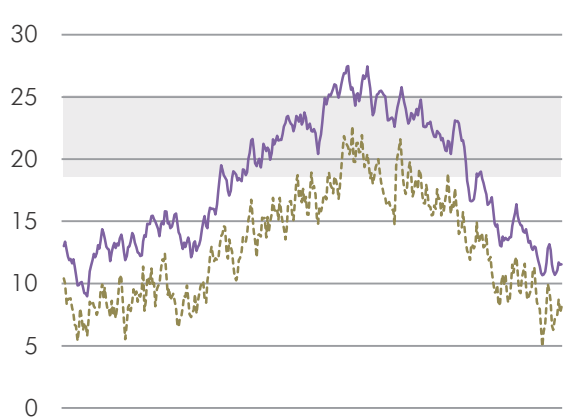
- Descenso de las temperaturas en verano.

- Descenso de las temperaturas en invierno, lo que nos indica que la masa térmica en climas húmedos no funciona bien.

- Se ahorra un 7,35% de la energía.

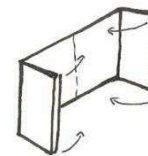
Energía demandada total (kWh)	Energía demandada por m ² (kWh/m ²)	Ahorro respecto inicial (%)
6551,28	82,87	7,35

Análisis 2



-Debido al fallo en el uso de la masa térmica, se necesita subir aún más las temperaturas en invierno.

- Cierre térmico nocturno.



- Leve aumento de la temperatura en invierno.

- Se ahorra un 8,56% de la energía inicial

Energía demandada total (kWh)	Energía demandada por m ² (kWh/m ²)	Ahorro respecto inicial (%)
6467,61	81,81	8,56

Desarrollo de estrategias

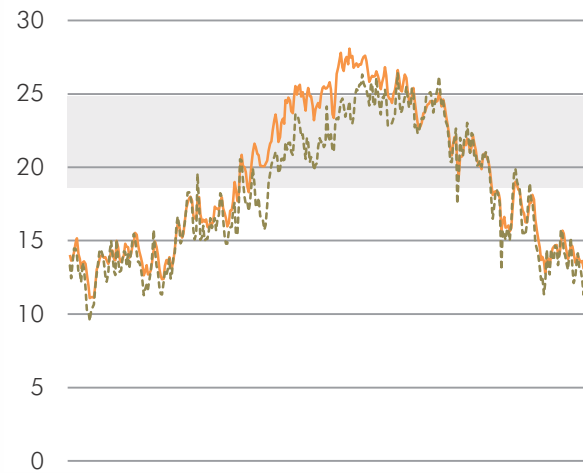
Clima cálido-húmedo – Cádiz

Problemas encontrados

Medidas a tomar

Resultados

Análisis 1

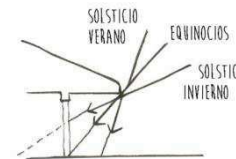


- Temperaturas altas en verano.

- Temperaturas en la zona de confort la mayor parte del año.

- Temperaturas relativamente bajas en invierno.

- Construcción de parasoles eficaces en verano (de mayo a septiembre)

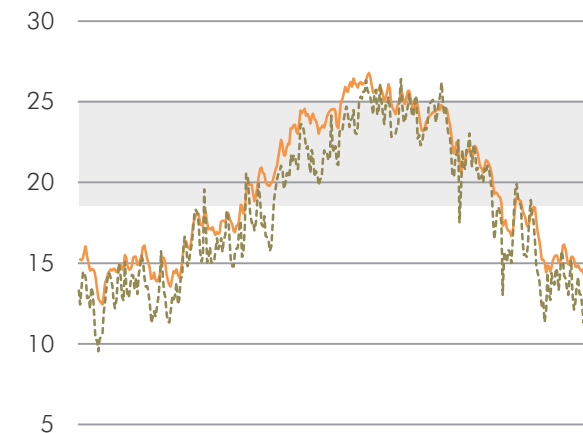


- Descenso de las temperaturas en verano.

- Se ahorra un 29,12% de la energía.

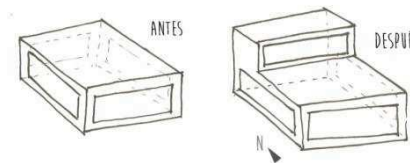
Energía demandada total (kWh)	Energía demandada por m ² (kWh/m ²)	Ahorro respecto inicial (%)
4483,80	69,17	17,15

Análisis 2



- Las temperaturas en verano ya se encuentran muy cercanas a la zona de confort, pero las de invierno aún están bajas.

- Eliminación de las ventanas orientadas a norte y sustitución por la misma superficie orientada a sur.



- Aumento considerable de la temperatura en invierno.

- Se ahorra un 45,99% de la energía inicial

Energía demandada total (kWh)	Energía demandada por m ² (kWh/m ²)	Ahorro respecto inicial (%)
3835,58	58,36	30,09

Conclusiones

Comparación de análisis III

En el capítulo ya se ha visto la comparación entre el comportamiento bioclimático de la misma edificación en cuatro lugares distintos y las medidas realizadas en cada uno de esos climas para llevar al mínimo consumo energético posible.

Por eso el siguiente paso es comparar las viviendas ya modificadas y adaptadas al clima, para ver la relación entre el comportamiento climático en el interior y el porcentaje de ahorro en calefacción y refrigeración respecto al banco de pruebas original.

Ciudad	Ahorro
Molina de Aragón	55,15%
Sevilla	48,16%
San Sebastián	8,56%
Cádiz	30,09%

Tabla 6.5. Comparación de ahorro.

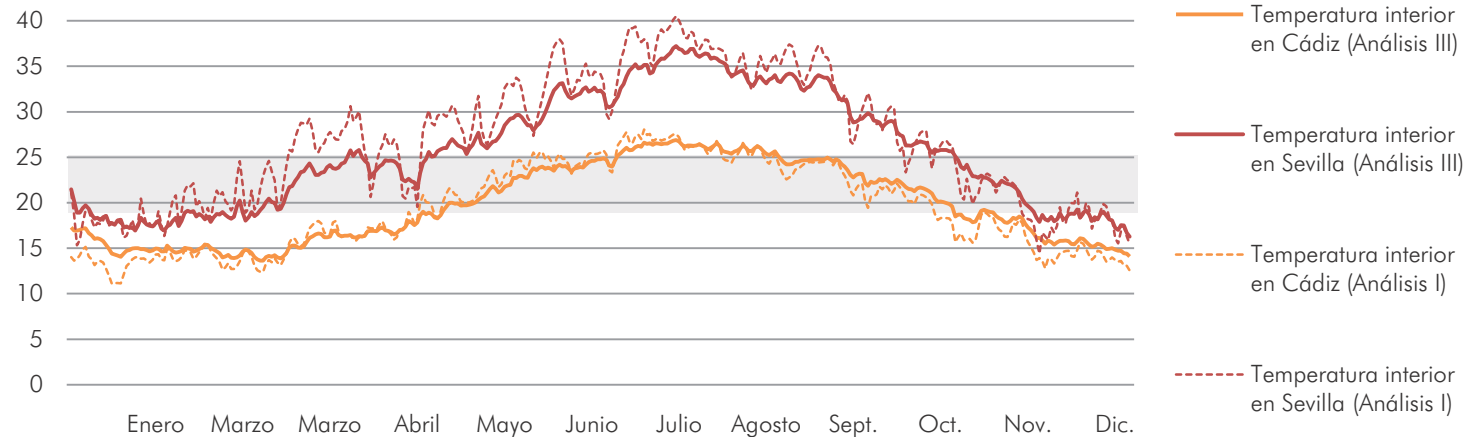


Ilustración 6.3. Comparación de temperaturas interiores (°C) en los climas cálidos.

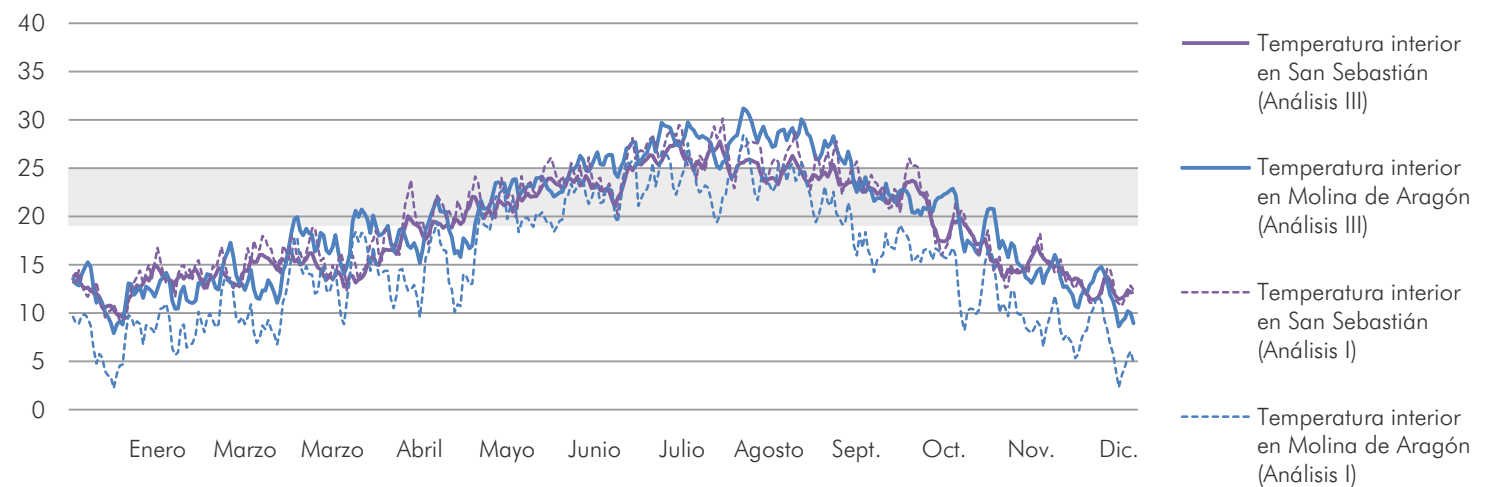


Ilustración 6.4. Comparación de temperaturas interiores (°C) en los climas fríos.

- Climas cálidos

Comparando los dos climas cálidos observamos que las modificaciones realizadas en ambos han hecho disminuir las temperaturas y las diferencias entre cortos periodos de tiempo, aunque se observa una mayor eficiencia en el clima cálido-seco: Sevilla.

En esta ciudad ha sido más fácil disminuir la temperatura y se ha conseguido reducir el gasto en climatización en un 48,16%, mucho más que el 30,09% que se ha conseguido ahorrar en Cádiz.

Por tanto para el caso cálido se comprueba que es más fácil manejar las estrategias bioclimáticas en ambientes secos, que en los húmedos. Y esto se puede comprobar con el diagrama de Givoni, ya que como se observa en la ilustración 5, hay muchas más estrategias para ambientes secos.

El siguiente paso es descubrir si esto ocurre sólo en los climas secos.

- Climas fríos

Para las dos ciudades con climas fríos se nota menos diferencia con las temperaturas finales en el interior de la vivienda, sin embargo sí que hay más diferencia en el modelo inicial.

Ambos climas tienen en común tener gran parte del año en la zona de confort, y además tener inviernos duros donde es necesario calefacción.

Sin embargo, como ocurría con los climas cálidos, se puede mejorar en clima frío-seco (Molina de Aragón) en un 55,15%, mientras que el clima frío-húmedo (San Sebastián) sólo puede mejorarse un 8,56%, por lo que se demuestra que también en climas fríos es más fácil aplicar estrategias de confort si el clima es seco.

- Climas húmedos

Las ciudades de Cádiz y San Sebastián se caracterizan por tener unas temperaturas inte-

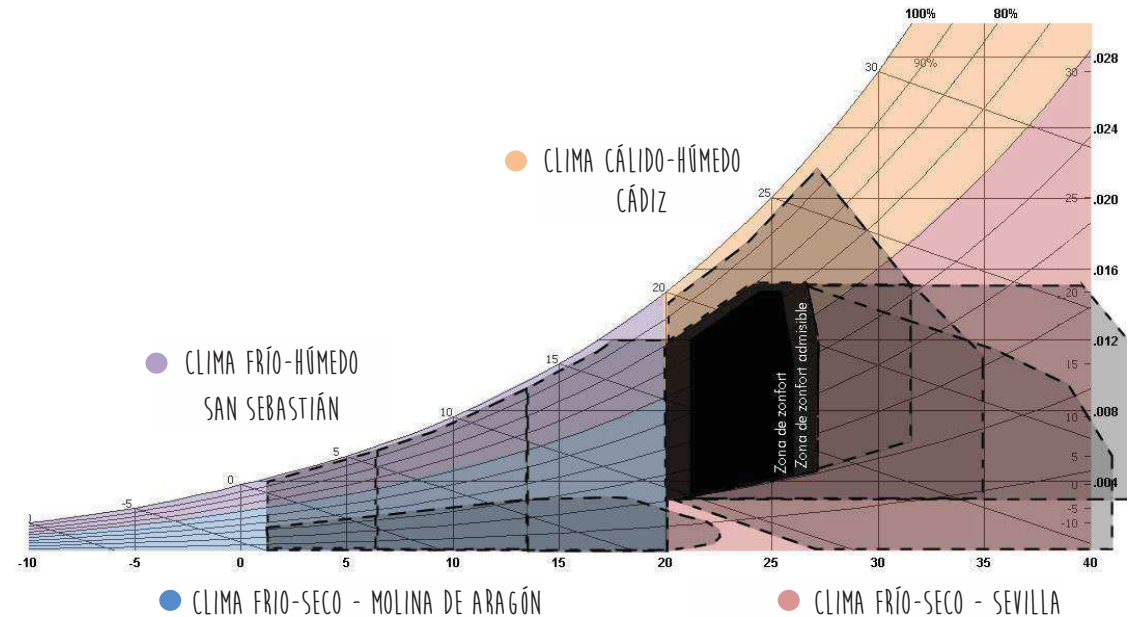


Ilustración 6.5. Superposición de los cuatro climas a estudiar con el diagrama de Givoni y sus estrategias climáticas. Esta ilustración se comprueba que hay más estrategias para los ambientes secos que para los húmedos, y por tanto es más fácil no tener que hacer uso de instalaciones en este tipo de climas.

riores muy parecidas y cercanas a la zona de confort, debido a la acción de la humedad, que tiende a suavizar las temperaturas, como se ha visto en la comparación de análisis III.

Por esto también resulta más complicado aplicar estrategias bioclimáticas en este

tipo de climas, y como bien se demuestra en la tabla 5, los dos climas húmedos son los que menos porcentaje de ahorro en climatización tienen (30,09% para Cádiz y 8,56% para San Sebastián).

- Climas secos

Según el climograma de Gi-

roni son los climas que más posibilidades de actuación tienen, concentrando la mayoría de estrategias de actuación de todo el espectro. Esto se puede comprobar también en la tabla 5, ya que son los climas donde más ahorro ha podido producirse (55,15% y 48,16%).

Conclusiones

Estrategias comunes

A lo largo del estudio de los cuatro climas ha habido algunas constantes; algunas estrategias que se han repetido en los cuatro climas con mejor o peor resultado. Un estudio pormenorizado de estas estrategias nos permite comprobar la veracidad del climograma de Givoni y la idoneidad de cada estrategia para cada uno de los climas.

Algunas de las estrategias comunes que se estudiarán son:

- Sombra

En la ilustración 6 se puede ver la necesidad de disponer de parasoles en cada ciudad y de qué mes a qué mes es necesario sombrear.

Lógicamente los climas cálidos como Cádiz o Sevilla tienen más necesidades de sombra que los climas fríos, que dependen en gran medida de las ganancias solares para aumentar sus tempera-

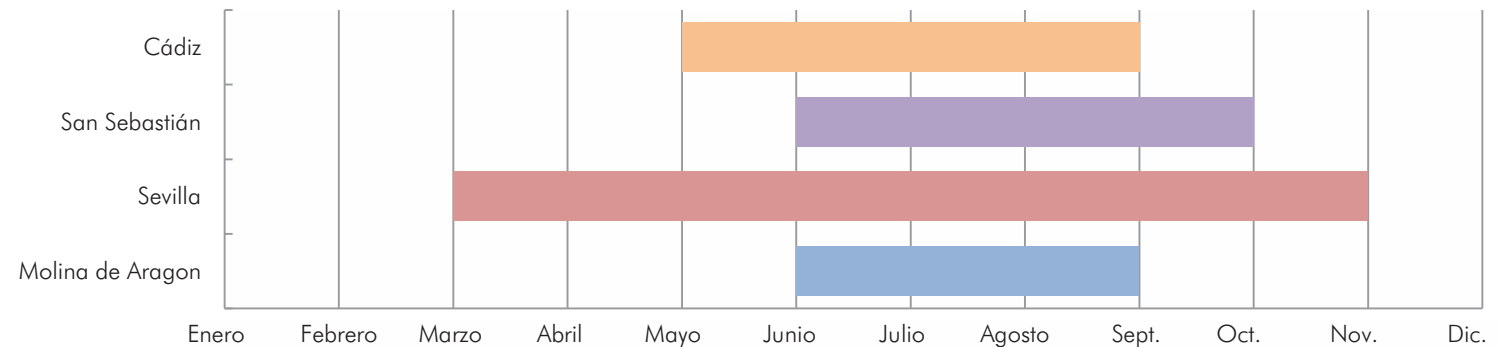


Ilustración 6.6. Necesidad de sombra en cada una de las ciudades.

turas. Por tanto la ciudad que menos sombra necesita es Molina de Aragón.

También es de destacar que las ciudades húmedas (Cádiz y San Sebastián) tienen unas necesidades de sombra muy parecidas, fruto de los climas benignos de la ciudad. Lo contrario sucede en los climas secos, donde o bien se necesita muy poca sombra (Molina de Aragón) o mucha (Sevilla) para alcanzar la zona de confort.

- Masa térmica (+ ventilación nocturna)

La masa térmica se ha usado en prácticamente todos los climas estudiados (menos en la ciudad de Cádiz), y se ha combinado también con ventilación nocturna en los meses más cálidos para la ciudad de Sevilla, ya que las temperaturas alcanzadas en verano eran demasiado importantes.

Analizando los resultados de cada una de las intervenciones, se puede afirmar que se ha comportado como se esperaba para las

ciudades de clima seco, Sevilla y Molina de Aragón, incrementando las temperaturas en invierno considerablemente. Además en Sevilla también ha ayudado a bajar las temperaturas en verano, ya que durante el día el calor «se almacena» en la masa térmica y por la noche se libera, perdiéndose gracias a la ventilación.

Pero por el contrario en las ciudades húmedas el uso de masa térmica ha provocado justo el efecto contrario: las temperaturas han disminuido en invierno y han aumentado en verano. Por tanto se des

aconseja el uso de masa térmica en este tipo de clima, como también indica el climograma de Givoni.

- Cierre térmico nocturno

Es la tercera gran estrategia, presente en prácticamente todos los tipos de climas para hacer aumentar las temperaturas en invierno. Y se puede afirmar que ha funcionado correctamente en todos ellos.

Por el día las ventanas sirven para obtener ganancias solares y aumentar las temperaturas, pero por su propia

construcción los valores de transmitancia de los vidrios son muy superiores al de los muros y demás elementos de la construcción, y por tanto por la noche, cuando no existe esa ganancia solar, los vidrios se comportan como puentes térmicos.

Por eso se propone un sistema de doble hoja, una hoja de vidrio que funcione sólo durante el día y una segunda hoja al interior con unos valores de transmitancia bajos. Cuando ya no haya más sol ni más ganancias solares, se puede cerrar este puente térmico y evitar en gran medida las pérdidas caloríficas.

En la arquitectura tradicional este método ha sido ampliamente utilizado, y los postigos de las ventanas se han utilizado frecuentemente en la arquitectura popular.

Sin embargo en el climograma de Givoni no se encuentra una referencia a esta estrategia ni se indica su uso.

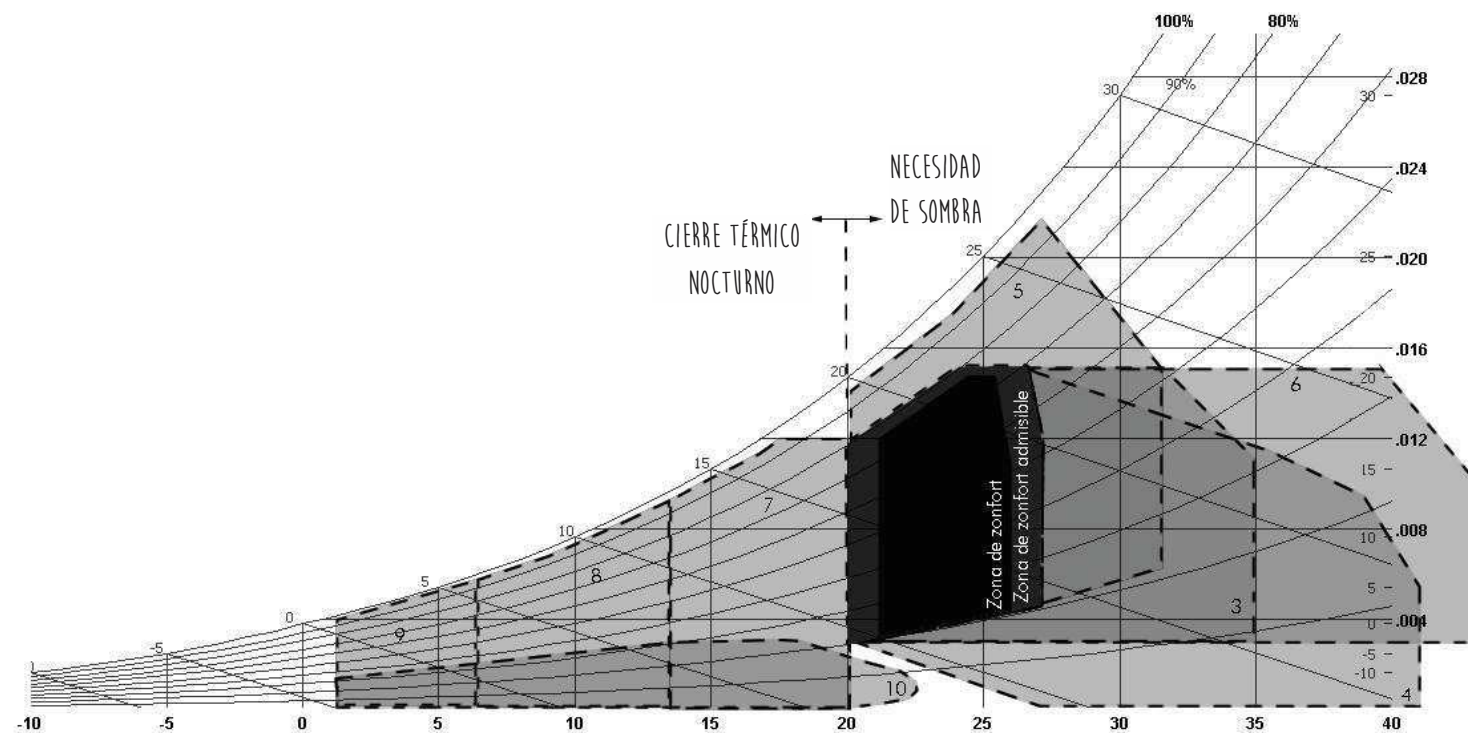


Ilustración 6.7. Climograma de Givoni mejorado, donde aparecen las nuevas estrategias aconsejables.

Esta estrategia estaría aconsejada para cualquier temperatura por debajo de la zona de confort, sea cual sea su humedad relativa, ya que se ha demostrado que es útil en cualquier tipo de clima, como en Cádiz o Molina.

Por tanto si en el climograma de Givoni la barrera de sombra está situada en los 20°C, sea cual sea su humedad, que es el punto desde el cual es necesario sombrear para alcanzar la zona de confort, el cierre térmico nocturno para evitar pérdidas

caloríficas tiene que situarse para todos aquellos puntos situados por debajo de lo 20°C, sea cual sea su humedad.

Bibliografía

Bibliografía de referencia

AA.VV. (2011). *Guía del estándar Passivhaus: Edificios de consumo energético casi nulo*. Madrid: Consejería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid.

Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE). (2013).

González Neila, J. (2004). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Editorial Munilla-Lería.

Olgay, V. (1963). *Arquitectura y clima (Design with climate)*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

Sáenz de Oíza, F. J. *Apuntes de Salubridad e Higiene*. Pamplona: T6 Ediciones, S.L.

Wassouf, M. (2014). *De la casa pasiva al estándar Passivhaus: la arquitectura pasiva en climas cálidos*. Barcelona: Gustavo Gili, SL.

Bibliografía de consulta

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). (2016). Recuperado el mayo de 2016, de <http://www.aemet.es/>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2010). *Guía técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto*. Madrid: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

König, O., & Kaufmann, J. (2016). *Windfinder.com Verwaltungsgesellschaft GmbH*. Obtenido de <https://es.windfinder.com/>

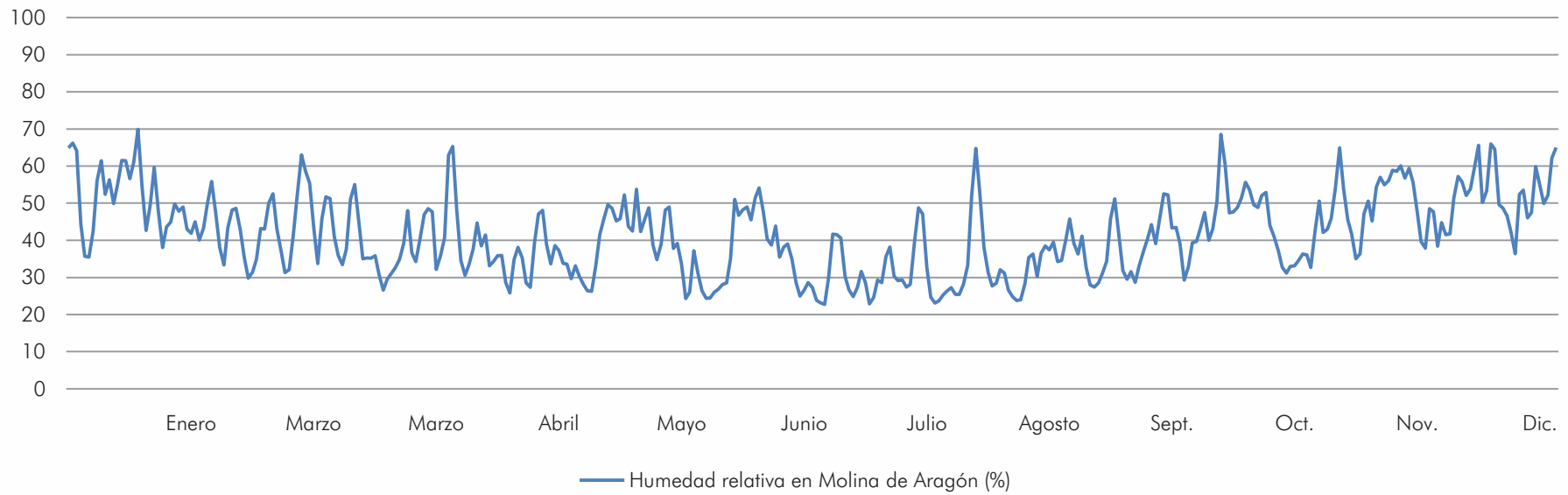
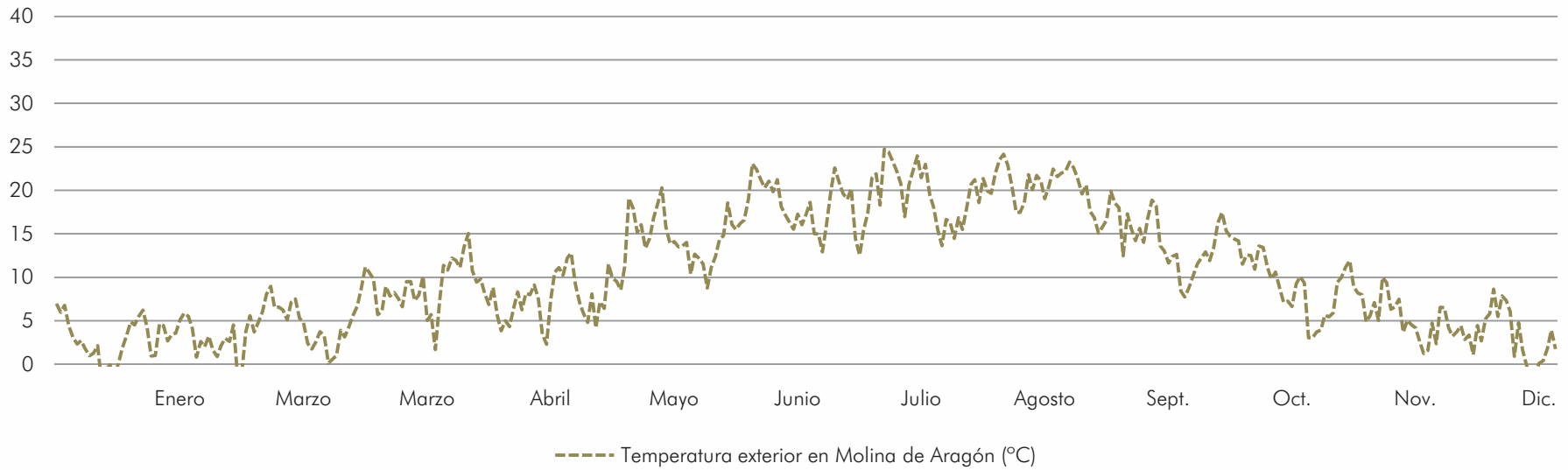
Sun Earth Tools. (2016). Obtenido de <http://www.sunearthtools.com/es/>

Anexos

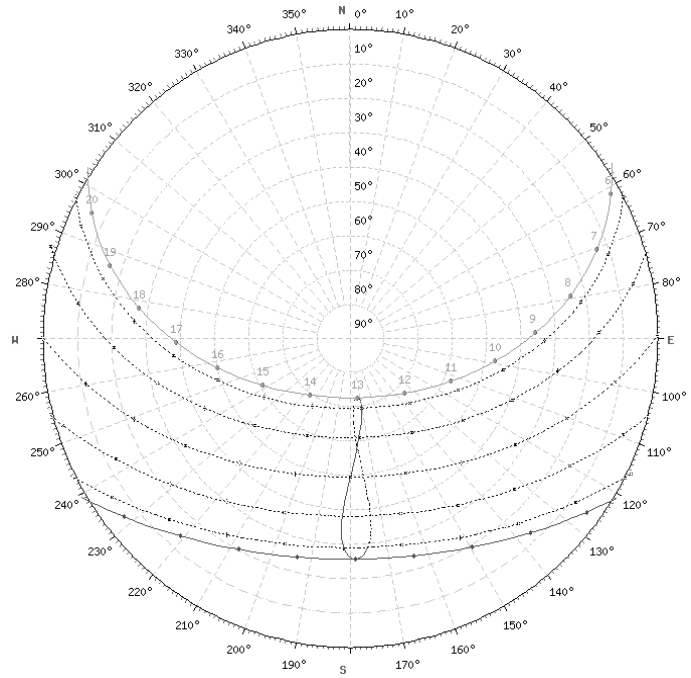
Subíndice

A – Molina de Aragón	86
B – Sevilla	88
C – San Sebastián	90
D – Cádiz	76

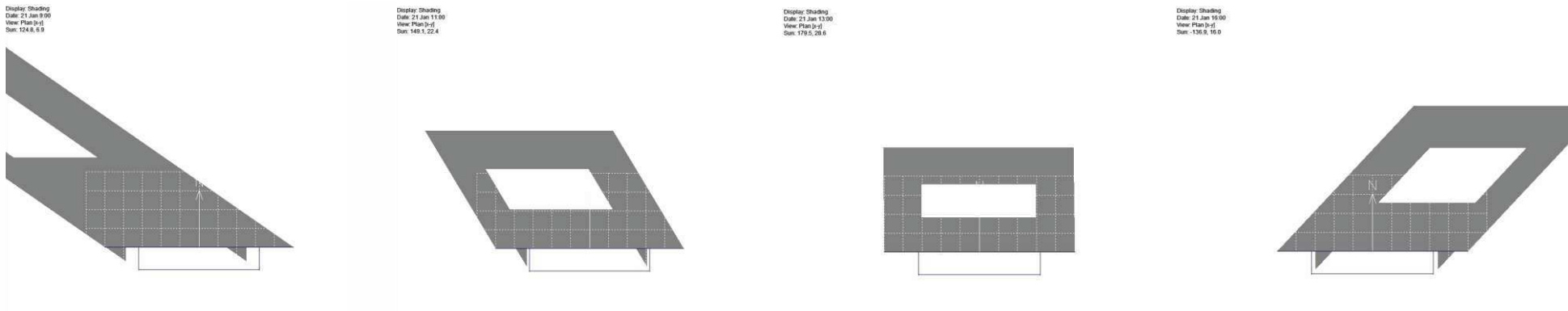
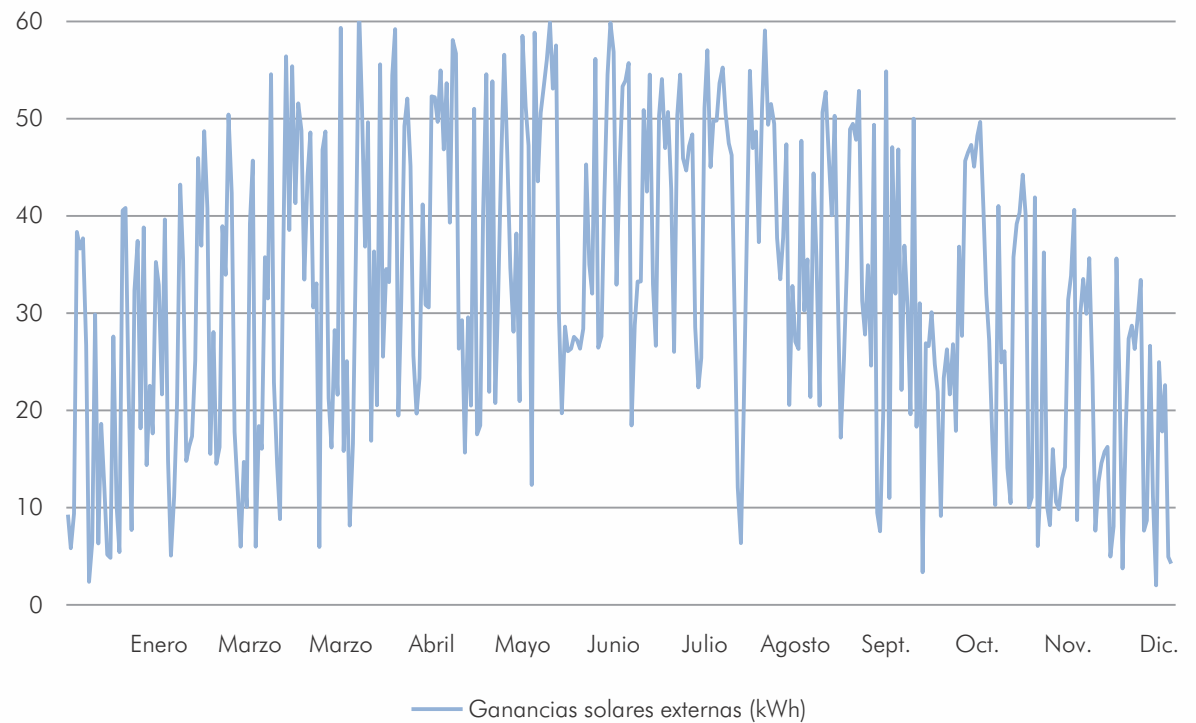
Anexo A



Molina de Aragón

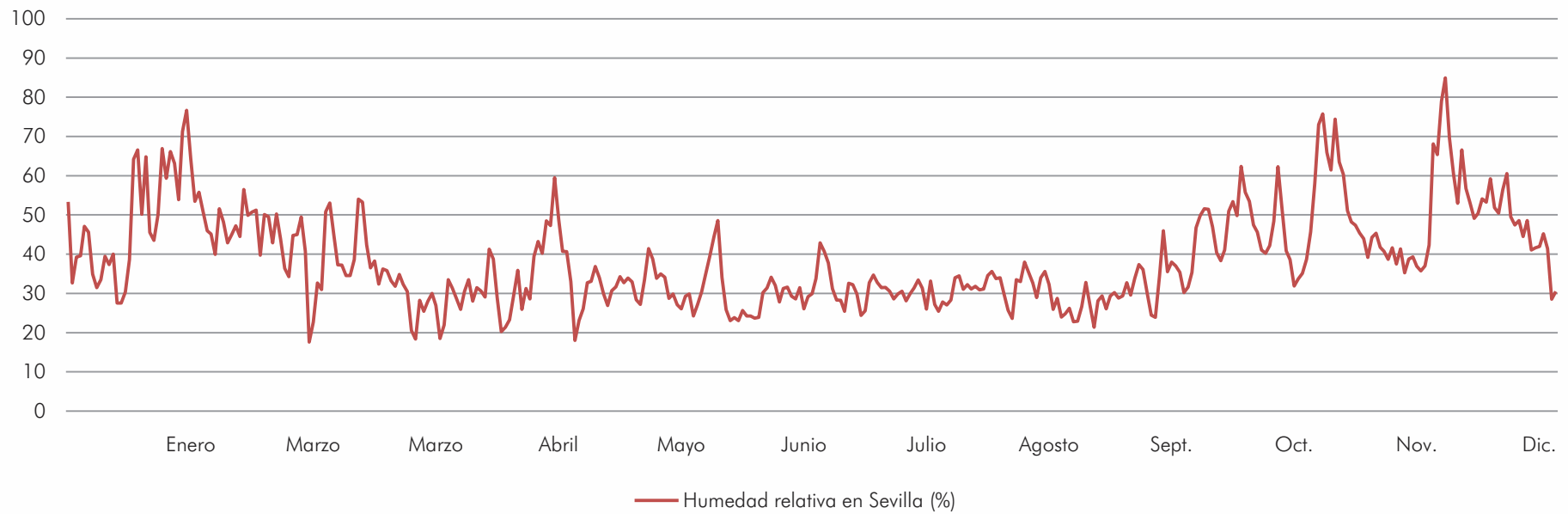
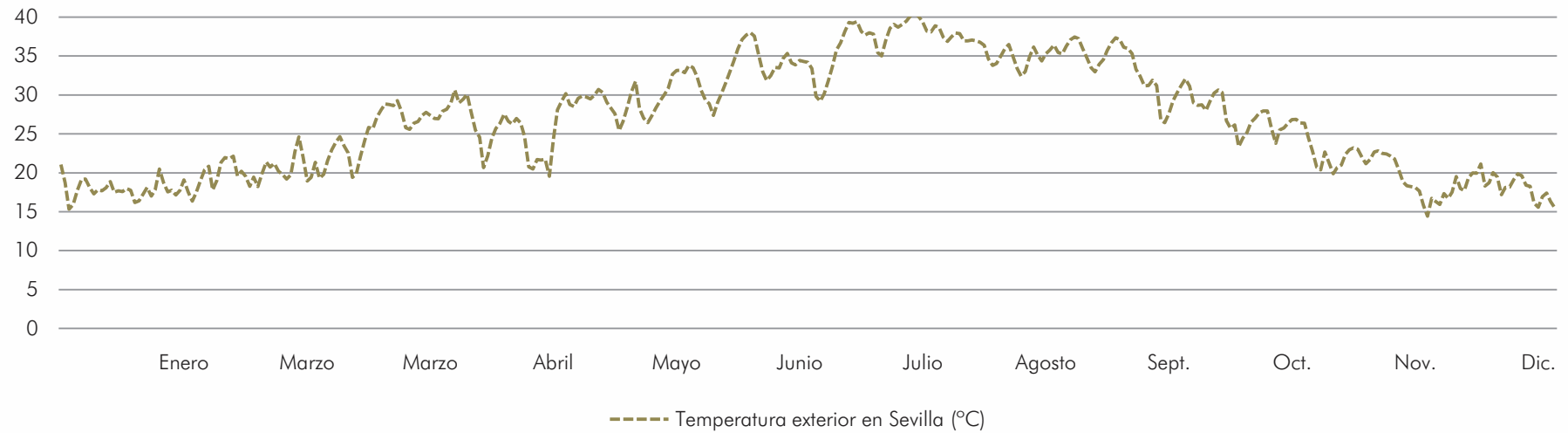


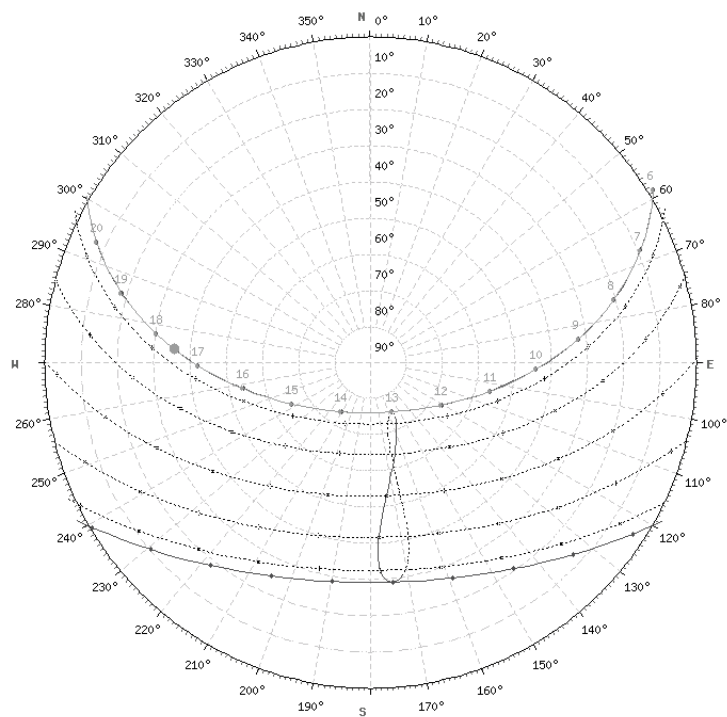
Carta solar. Datos obtenidos de www.sunearthtools.com.



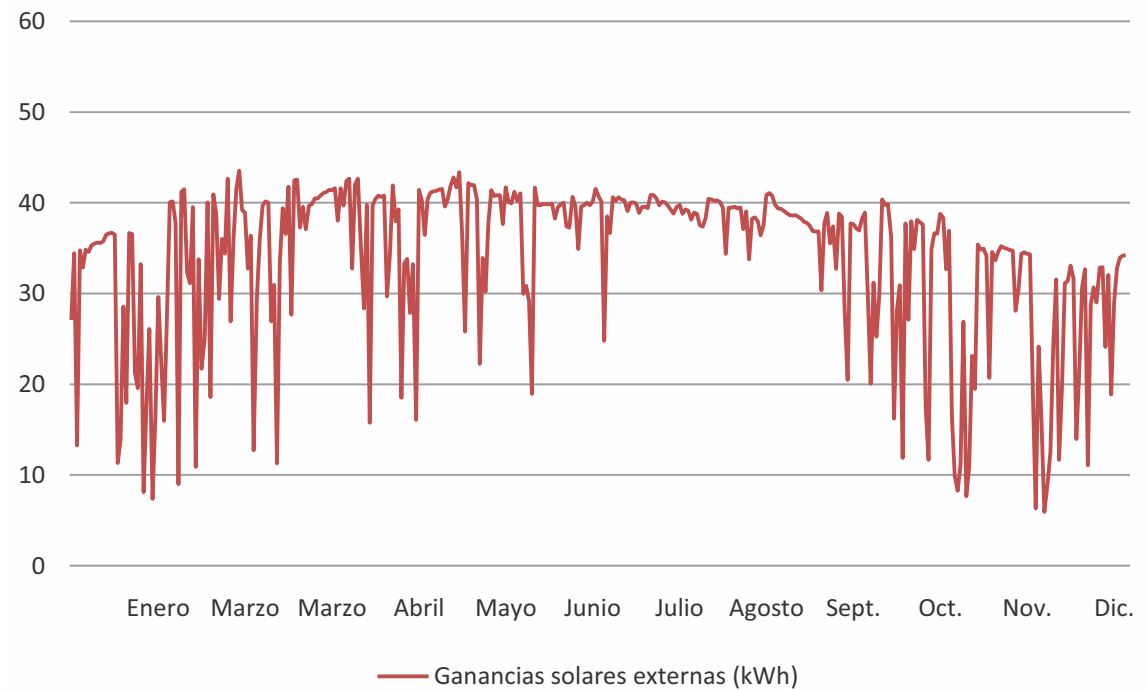
Sombra producida en la ventana sur a las 9:00h, 11:00h, 13:00h y 16:00h (respectivamente) en el solsticio de invierno (21 de enero).

Anexo B

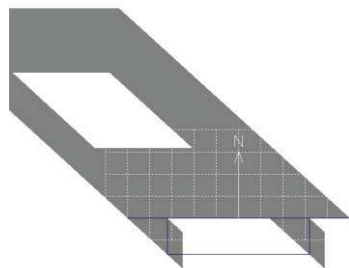




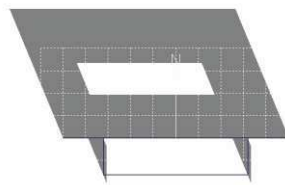
Carta solar. Datos obtenidos de www.sunearthtools.com.



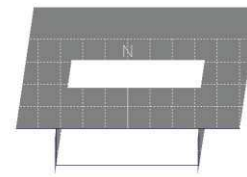
Display: Shading
Date: 1 Jan 9:00
View: Plan (2d)
Sun: 132.5, 12.8



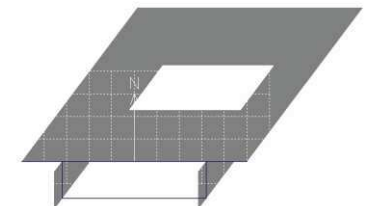
Display: Shading
Date: 1 Jan 11:00
View: Plan (2d)
Sun: 157.7, 25.8



Display: Shading
Date: 1 Jan 13:00
View: Plan (2d)
Sun: -171.5, 28.7

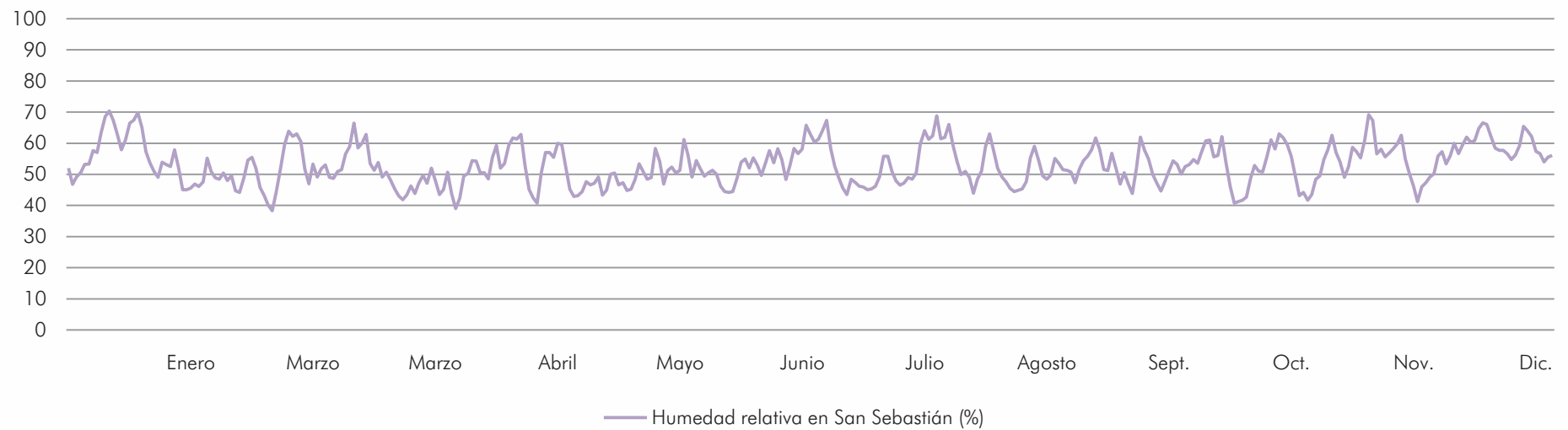
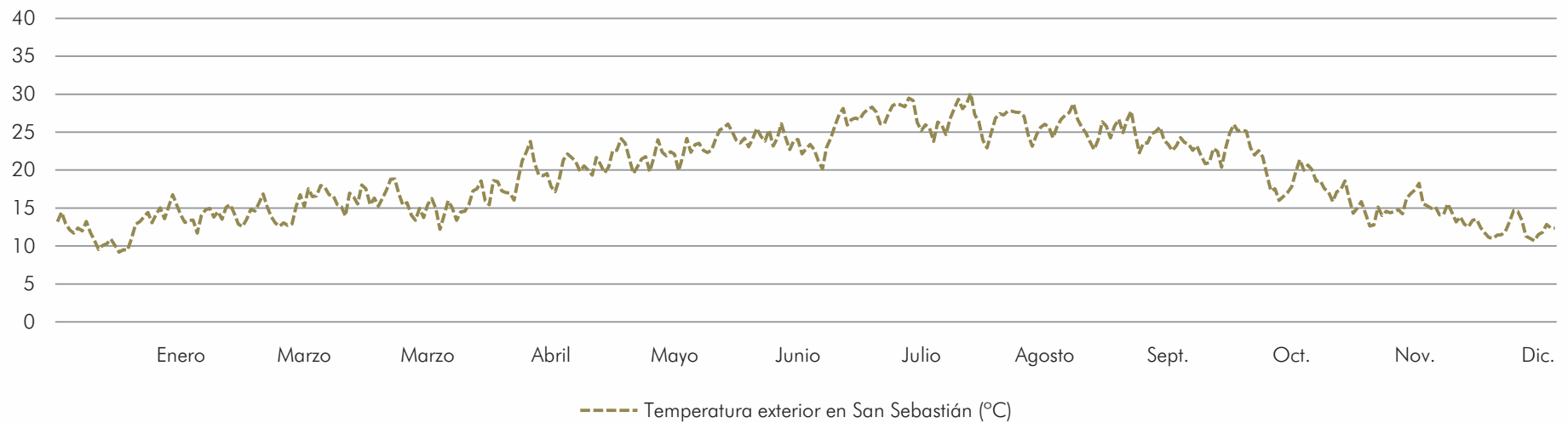


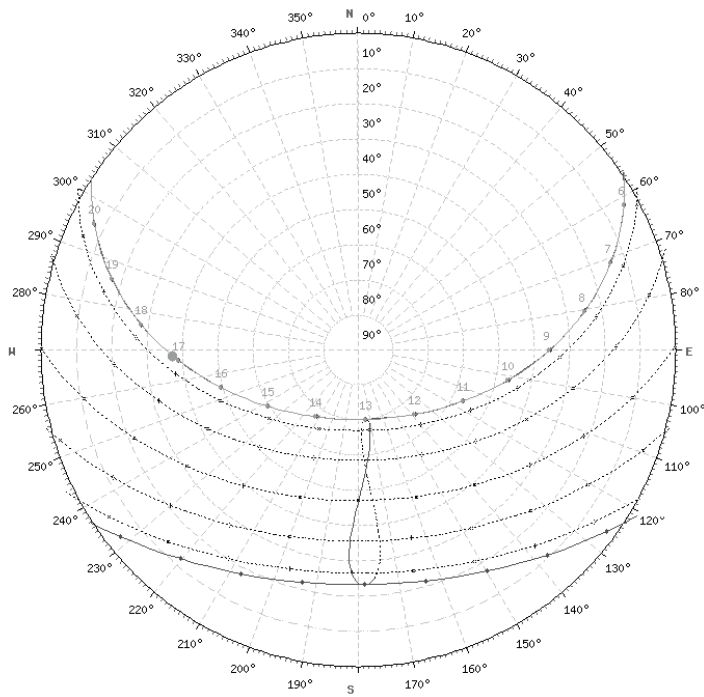
Display: Shading
Date: 1 Jan 15:00
View: Plan (2d)
Sun: -143.1, 19.4



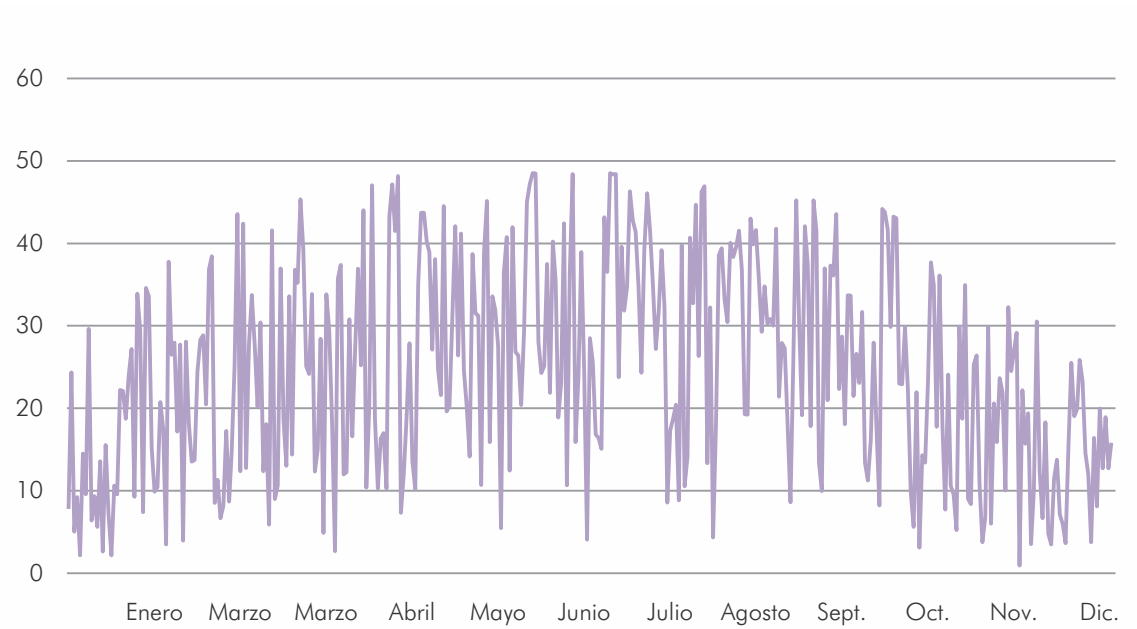
Sombra producida en la ventana sur a las 9:00h, 11:00h, 13:00h y 15:00h (respectivamente) en el solsticio de invierno (21 de enero).

Anexo C

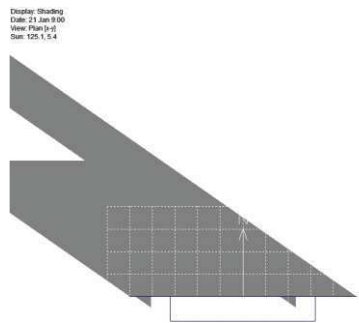




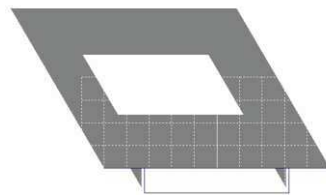
Carta solar. Datos obtenidos de www.sunearthtools.com.



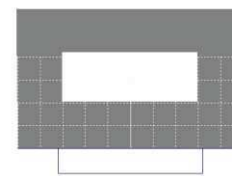
— Ganancias solares externas (kWh)



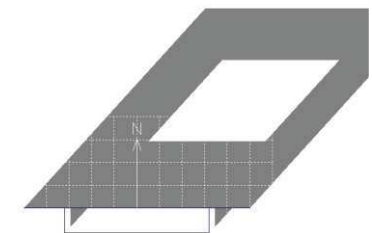
Display: Shading
Date: 21 Jan 9:00
View: Plan (z)
Sun: 125.1, 5.4



Display: Shading
Date: 21 Jan 11:00
View: Plan (z)
Sun: 148.6, 20.3



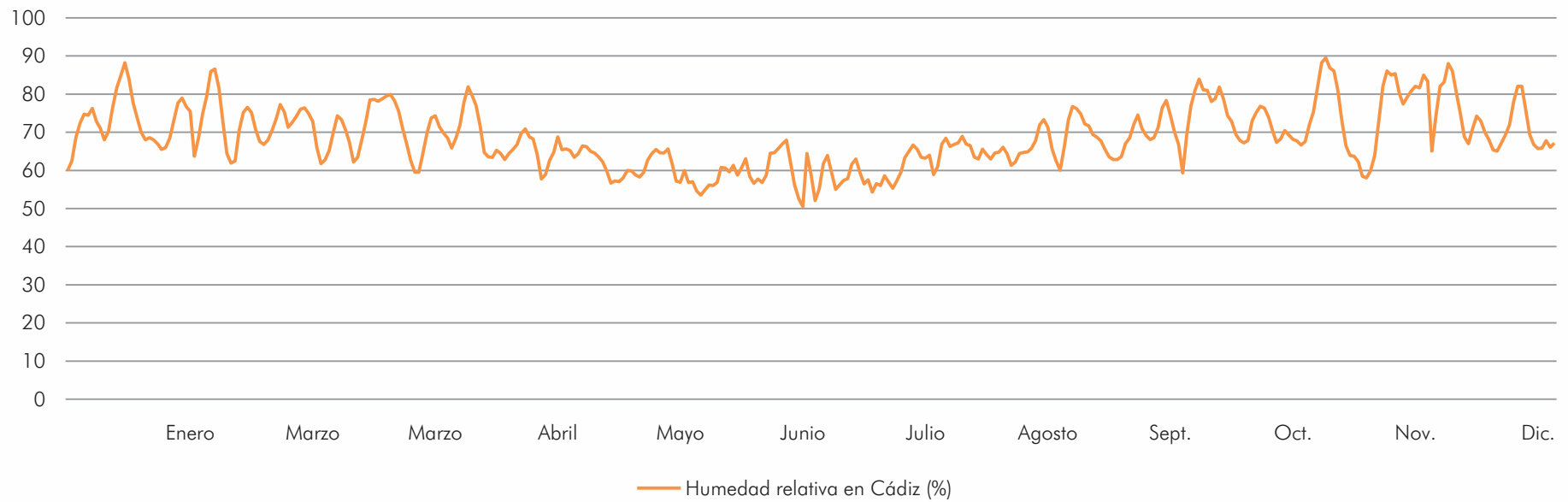
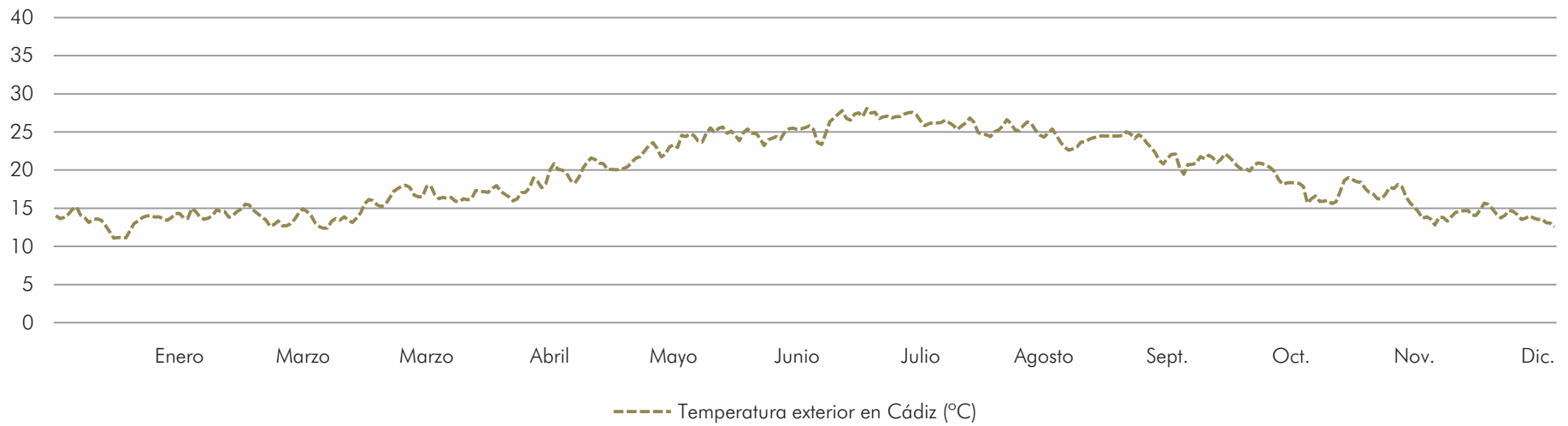
Display: Shading
Date: 21 Jan 13:00
View: Plan (z)
Sun: 179.5, 26.1

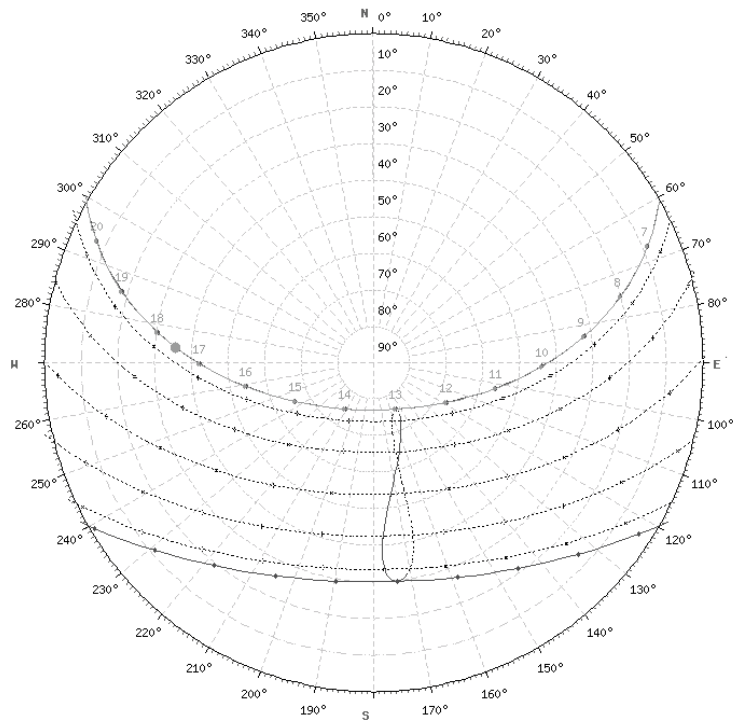


Display: Shading
Date: 21 Jan 16:00
View: Plan (z)
Sun: 137.4, 14.2

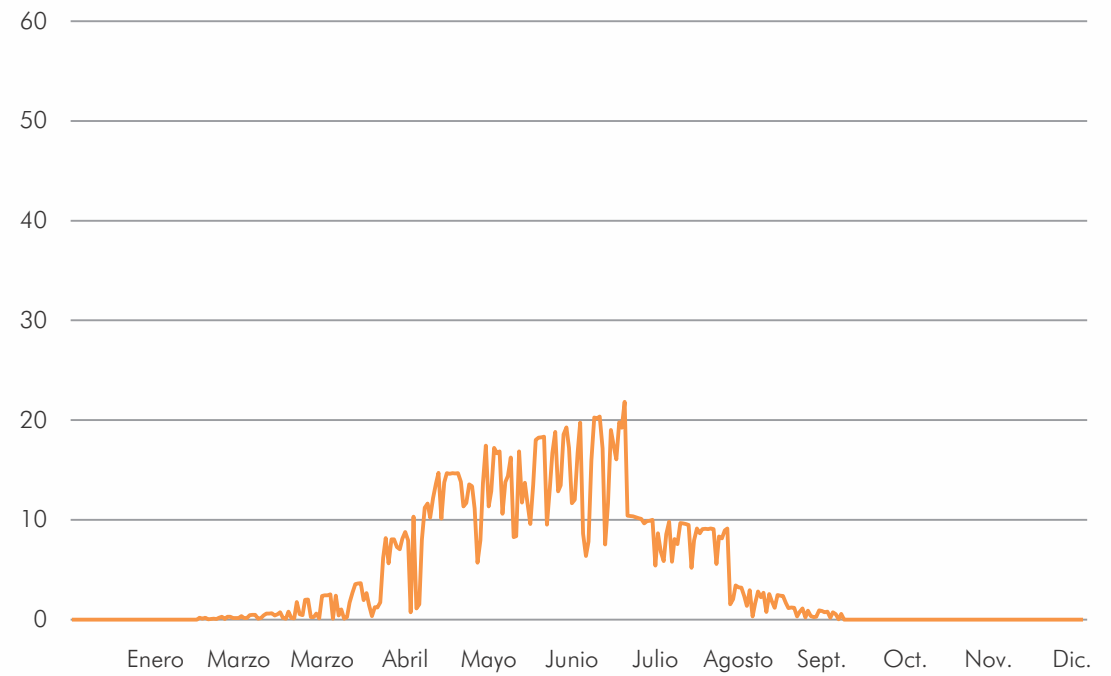
Sombra producida en la ventana sur a las 9:00h, 11:00h, 13:00h y 16:00h (respectivamente) en el solsticio de invierno (21 de enero).

Anexo D



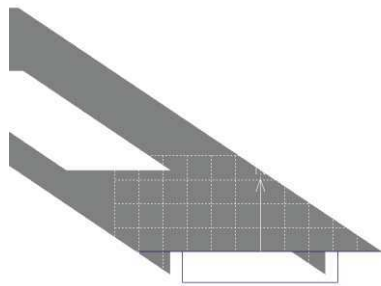


Carta solar. Datos obtenidos de www.sunearthtools.com.

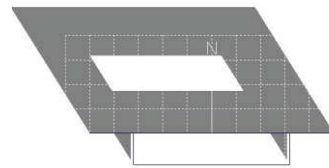


— Ganancias solares externas (kWh)

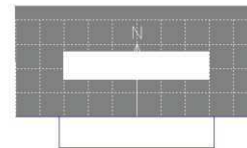
Display: Shading
Date: 21 Jan 9:00
View: Plan [s-j]
Sun: 1243, 9.4



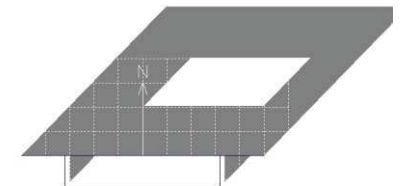
Display: Shading
Date: 21 Jan 11:00
View: Plan [s-j]
Sun: 1480, 26.2



Display: Shading
Date: 21 Jan 13:00
View: Plan [s-j]
Sun: 1794, 33.1



Display: Shading
Date: 21 Jan 16:00
View: Plan [s-j]
Sun: -135.9, 19.3



Sombra producida en la ventana sur a las 9:00h, 11:00h, 13:00h y 16:00h (respectivamente) en el solsticio de invierno (21 de enero).