



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Case Study Houses Program. Estudio de las condiciones
de ventilación natural. Estudio de caso

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

AUTOR/A: Ibáñez Nebot, Carlos

Tutor/a: Guillén Guillamón, Ignacio Enrique

Cotutor/a externo: MENDIGUCHIA FONTES, FERNANDO AITOR

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

arts & architecture

ESTUDIO DE LAS CONDICIONES
DE VENTILACIÓN NATURAL EN
LAS CASE STUDY HOUSES.

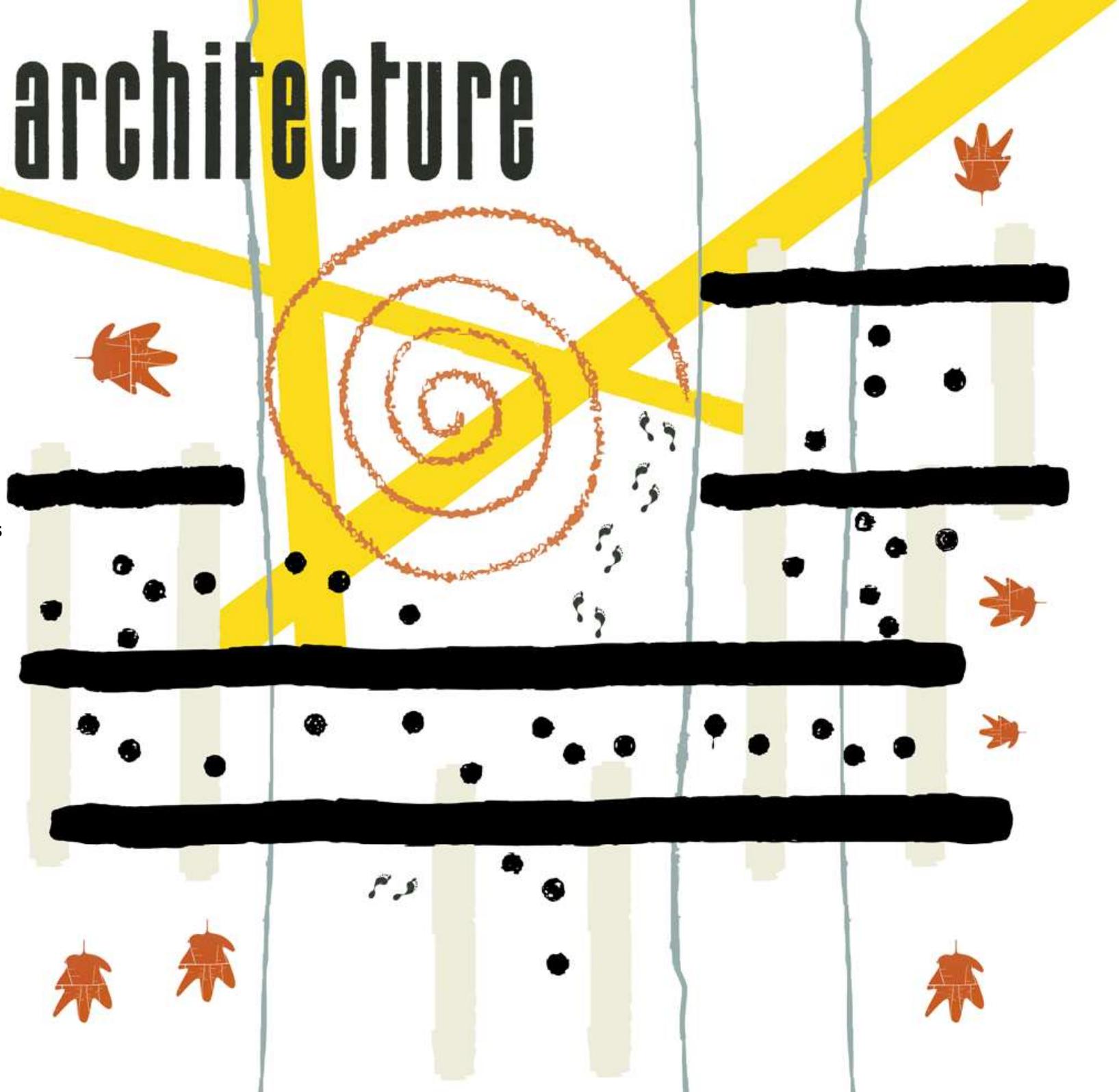
Escuela Técnica Superior de Arqui-
tectura.
TFG en el Grado de Fundamentos de
la Arquitectura
Tutor: Ignacio Guillén Guillamón
Tutor: Fernando Mendiguchia Fontes
Alumno: Carlos Ibáñez Nebot
Curso 2021/2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA



RESUMEN

Durante los años de post guerra, la revista “Arts and Architecture” promovió la construcción de una serie de viviendas que debían ser una referencia para la nueva arquitectura venidera, su gran influencia perdura hoy en día debido a sus diseños meticulosos, donde está pensada cada parte del proyecto.

En este caso vamos a analizar la ventilación natural tomando un caso de estudio, implementando un proceso metodológico integrado entre herramientas de análisis de dinámica de fluidos y herramientas de eficiencia energética, obteniendo unos resultados que demostrarán la eficiencia de esta estrategia pasiva.

Palabras clave: fluidos, eficiencia, case study houses, confort, etc.

RESUM

Durant els anys de post guerra, la revista “Arts and Architecture” va promoure la construcció d’una sèrie d’habitatges que haviem de ser una referència per a la nova arquitectura venidora, la seva gran influència perdura avui dia a causa dels seus dissenys meticulosos, on està pensada cada part del projecte.

En aquest cas analitzarem la ventilació natural prenent un cas d’estudi, implementant un procés metodològic integrat entre eines d’anàlisi de dinàmica de fluids i eines de certificació d’eficiència energètica, obtenint uns resultats que demostraran l’eficiència d’aquesta estratègia passiva.

Paraules clau: fluids, eficiència, case study houses, confort, etc.

ABSTRACT

During the post-war years, the “Arts and Architecture” magazine promoted the construction of a series of houses that should be a reference for the new architecture to come, it’s great influence continues today due to it’s meticulous designs, where each part of the project.

In this case we are going to analyze natural ventilation taking a case study, implementing an integrated methodological process between fluid dynamics analysis tools and energy efficiency certification tools, obtaining results that demonstrated the efficiency of this passive strategy.

Keywords: fluids, efficiency, case study houses, comfort, etc.

ÍNDICE

1.- Análisis Situación

- 1.1.- Contexto
- 1.2.- Case Study Houses
- 1.3.- Craig Ellwood

2.- Objetivos

3.- Metodología

- 3.1.- Caso de Estudio
- 3.2.- Recomendaciones Clima
- 3.3.- Simulación CFD
- 3.4.- Simulación Energética

4.- Casa Hoffman

- 4.1.- Descripción Caso
- 4.2.- Razones Elección
- 4.3.- Definición Constructiva
- 4.4.- Análisis Climático
 - 4.4.1.- Estrategias Clima
 - 4.4.2.- Estrategias Viento

5.- Resultados

- 5.1.- CFD
 - 5.1.1.- Análisis Exterior
 - 5.1.2.- Análisis Interior
- 5.2.- Demanda Energética
 - 5.2.1.- Caso Sin Ventilar
 - 5.2.2.- Caso Ventilado

6.- Conclusiones

7.- Bibliografía

8.- Agradecimientos

1.- ANÁLISIS SITUACIÓN

1.1.- Contexto

Las Case Study Houses querían estar a la vanguardia en los tiempos nuevos que estaban llegando, donde muchas causas socioeconómicas influyeron en esa época, muchos factores se pueden extrapolar a la situación que tenemos hoy en día en la sociedad. Y es que la crisis actual tiene muchas similitudes con la vivida en la crisis del petróleo, donde occidente había apostado fuertemente por depender de recursos que ellos mismos no poseían, creando una gran dependencia del petróleo con los países de la OPEP.

Desde occidente el crear una dependencia tan importante del petróleo hizo que dichos países entraran en el primer plano mundial y cualquier cambio de guion afectara notablemente al orden global, tal y como acabó sucediendo. Y es que, a raíz de las guerras de Yom Kipur, donde el bloque occidental apoyó a Israel en detrimento del bloque formado por la liga árabe, causó que se rompieran relaciones entre ambos bloques, empezando por la nacionalización de las empresas productoras de gas y petróleo de la zona.

Posteriormente la OPEP decidió aumentar de forma desorbitada el precio del barril, debido a que la oferta respecto a la demanda había llegado a la par y la dependencia del petróleo era muy importante, esto desencadenó en una inflación desorbitada, justo como sucede hoy en día por diversos factores como el embargo del gas ruso en Europa. [3]

Así pues, recurriendo a la frase de “quien no conoce su historia, está condenado a repetirla”, es obvio que aparte del cambio climático o que tus fuentes de energía no dependan de la propia nación puede llegar a ser un gran problema, entre otros factores, es importantísimo reducir el consumo de energía en los edificios y está demostrado que hay infinidad de estrategias pasivas con las cuales podemos garantizar llegar o por lo menos acercarnos a un confort en las viviendas.

1.2.- Case Study Houses

El programa de las CSH (1945-66) fue excepcional, innovador y sigue siendo hasta en la actualidad único. El programa está concentrado en el área de Los Ángeles y supervisa 36 prototipos de casas, busca la manera de hacer el planteamiento de las casas modernas fáciles y baratas tras el boom constructivo que supondría los tiempos de post guerra, que pudieran ser replicadas con facilidad y económicas, explorando en la construcción nuevas tecnologías y materiales desarrollados durante la guerra, aunque muy pocas casas cumplieron el objetivo de replicabilidad.

El promotor del programa fue John Entenza, jefe de la revista de "Arts & Architecture" quien tenía grandes lazos con grandes figuras de la arquitectura como Neutra, los Eames o Saarinen. Estas viviendas experimentales fueron diseñadas para redefinir la arquitectura moderna en las casas, teniendo gran impacto en todo el mundo, incluso aún hoy en día. Las construcciones del programa son de acero y cristal que parecen aproximarse más al espíritu del Estilo Moderno Internacional. Destacan por la rigurosa aplicación de métodos y materiales industriales en la construcción abriendo un espacio especial al acero, el cristal a y otros materiales contemporáneos de arquitectura residencial. [8]



fig. [1] - Interior Casa Hoffman

Se trata de la contribución americana más importante del siglo XX, concebido como modernos prototipos experimentales de bajo coste que pretendían buscar soluciones y reflexionar sobre lo que sería la vivienda de la post guerra, durante más de 20 años los 36 diseños muestran las boyantes aspiraciones de esta nueva generación de arquitectos modernos erigidos tras la post guerra. Pero ello acabó en el 66, a pesar de que muchos diseños prematuros no se llevaron a cabo y los que se construyeron no se tomaron como referencia para realizar réplicas, aunque, eso sí, han influenciado en gran medida a la arquitectura residencial de hoy en día a nivel internacional. Esas casas, así como su espíritu sirve como modelo en el diseño y la construcción.

Los arquitectos que participaron en el programa reflejaron sus predilecciones personales sobre el diseño moderno de las casas en California. Siendo muchas de las viviendas pensadas para quedarse sólo en el plano y no llegar a construirse en los años iniciales o que a la hora de construirse sufriera grandes cambios respecto al diseño original. Posteriormente, algunas casas ya construidas, se añadieron al programa como la Casa Eames o la del propio Entenza, diseñada por los mismos Eames.

Realmente cuando empieza a tener importancia es en los años 50, cuando la idea de experimentar con materiales industriales se globaliza, ya que coincide que empiezan a finalizarse los primeros proyectos, se incrementa la prosperidad económica y surgen nuevos avances tecnológicos, ayudando a que se consigan llevar adelante un número considerable de CSH, quedando muy pocos proyectos sin realizarse.

Mientras hoy en día el término CSH se ha convertido casi en sinónimo de tipo residencia moderna a escala modesta, construcción simple y materiales inexpresivos con especial énfasis en la relación interior – exterior. Los diversos ejemplos construidos con acero y vidrio son las aproximaciones más cercanas al espíritu del estilo moderno internacional, con su rigurosa aplicación de métodos y materiales industriales en la arquitectura residencial, que dichos aportes tecnológicos, no significaban ser menos moderna. También establecieron uno prototipos modulares concebidos para producirse en masa.

Es importante considerar que el programa de las CSH no es un fenómeno aislado, en el contexto global existen muchos antecedentes como la Weissenhofsiedlung en Stuttgart donde contribuyeron a diseños minimalistas tecnológicos además de las exposiciones de Frankfurt y Berlín o la de Chicago, “House of Tomorrow”, consiguiendo establecer una gran influencia modernista.

Las primeras CSH se caracterizaban por su simpleza, los materiales industriales, un plan compacto y una disposición informal. Desde su diseño original hasta su construcción la gran mayoría sufrieron ligeros cambios, pero todas seguían unas características similares como componentes de construcción modular eficiente, la utilización de grandes muros de vidrio, la flexibilidad de sus espacios, la calidad en la relación con el exterior, etc. [1]



fig. [2] - Interior Casa Hoffman

No fue hasta 1949 cuando los diseños de las CSH empezaron a romper los estereotipos establecidos en la California de los años 30, en gran parte esto fue por las circunstancias económicas y más extendido por la disponibilidad de los materiales industriales que ahora podían ser utilizados en la arquitectura residencial, exponenciados sobre todo en la década de los 50, contrastando mucho con la arquitectura vista hasta ese momento.

En los 60 evolucionó a viviendas de mayor tamaño y mejor acabados, prevaleciendo el dinero sobre el tiempo en la toma de decisiones, con grandes ejemplos modernistas con grandes espacios y materiales generosos. Sin olvidar que un número significativo de proyectos se quedó sin construir, sin llegar a desarrollar ciertas ideas experimentales.

Sin embargo, a pesar de los cambios notorios que sufrieron algunas CSH, siguen estando muy presentes por el episodio que representan en la historia de la postguerra en el ámbito modernista. En la actualidad, gracias a los esfuerzos de, “ Los Angeles Conservancy Modern Committee”, 11 de los proyectos desarrollados por los Case Study Houses fueron declarados de interés histórico nacional de EEUU, diez de los cuales quedaron oficialmente incluidos en el Registro Nacional de Lugares Históricos.

La casa como laboratorio para experimentar con materiales, técnicas constructivas y estética que son temas persistentes a lo largo de la historia de la arquitectura moderna y en Los Angeles el programa es claramente una continuación de la experimentación en el diseño residencial. Claramente las CSH es fruto de su tiempo y lugar, donde intervienen aspectos históricos, económicos, tecnológicos, sociales y culturales mezclados con una generación de arquitectos innovadores, concienciados con el clima y el medio ambiente, que permitió un estilo de vida cercano a la naturaleza y sin prejuicios de las estrictas disposiciones tradicionales, a su misma vez, influenciado por los estilos modernistas que estaban empezando a surgir en Europa.

El legado de las CSH en Los Angeles es palpable, sobre todo por el gran reconocimiento y admiración que tienen en el mundo de la arquitectura en la actualidad, particularmente esa joven generación de arquitectos que reinterpretaron la historia arquitectónica y supieron introducir innovaciones de un considerable impacto en los programas.

El asunto de las CSH directamente influye en la generación de una arquitectura mucho más compleja, sí que es verdad que hay proyectos únicos e inimitables, pero el uso de ciertos materiales y su integración con el sitio tras un gran estudio de su impacto y el desarrollo de alta tecnología aplicada a las CSH es un referente y inspiración para las generaciones posteriores, tan marcado en la actualidad en temas como las dimensiones de las casas, sus esquemas simplificados, el uso de materiales industriales o los componentes modulares. [4]



fig. [3] - Craig Ellwood

1.3.- Craig Ellwood

Se podría decir que las aportaciones de Craig Ellwood al programa de las Case Study Houses tienen una relevancia muy importante tanto en el diseño como a la hora de emplear nuevas tecnologías. Su historia sin duda es única, ya que nunca estudió arquitectura. Su deseo inicial era convertirse en actor de Hollywood, para al final, previo paso por el mundo de las finanzas y el marketing acaba en el mundo de la arquitectura.

Sin embargo, trabajar en diferentes áreas le ayudó en su carrera como arquitecto. A finales de 1940 Ellwood trabajó para "Lampport Construction Company", la cual se encargó de construir casas como la "Eames" o la "Entenza". Lo cual tener un contacto tan cercano con ambos proyectos fue uno de los motivos que le empujó a montarse su propio estudio. En 1951 le llegó la oportunidad de unirse al programa de las CSH, encargándole la primera de sus casas, la Ellwood 13. [7]

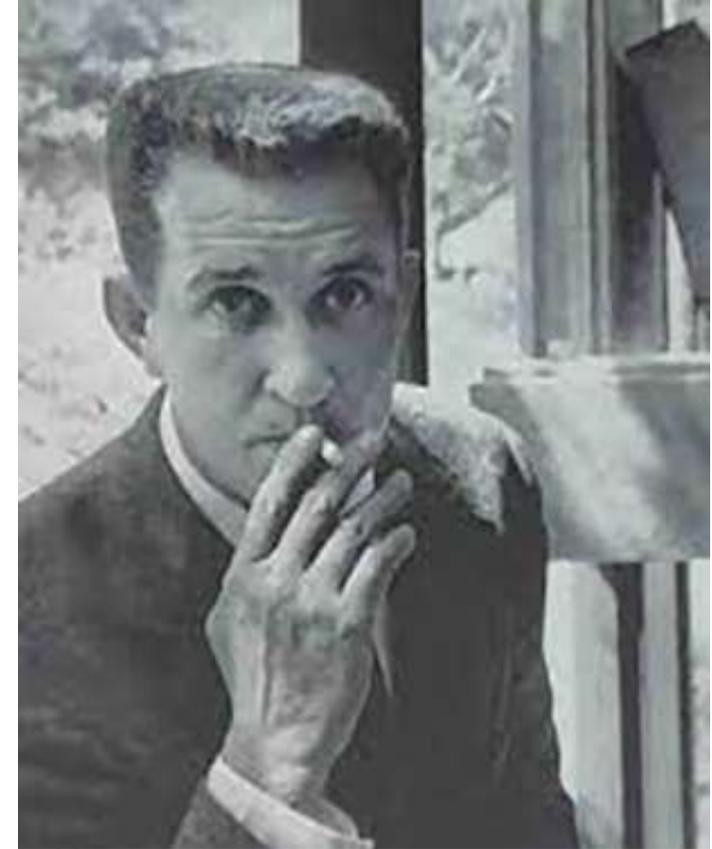


fig. [4] - Craig Ellwood

2.- OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo se centran en ver cómo se comporta una obra arquitectónica y que parámetros hay que tener en cuenta para su inclusión en la zona geográfica concreta. Este estudio se desarrolla utilizando diferentes programas que nos ayudarán a ver tanto las partes eficientes como deficientes y como llegar a alcanzar el confort térmico.

Estudiamos una simulación acoplada de un modelo piloto sobre el cual mediante el cálculo CFD hemos obtenido de que forma influyen los vientos de la zona y como se transmiten y de que forma afectan al flujo interior, para posteriormente determinar de que forma influye a la demanda energética del edificio utilizando el programa Cype Therm.

Ya que debemos considerar a los edificios como espacios donde se doma a la lluvia, viento y nieve, sirve como filtro sutil para controlar la luz y el calor. Rodeados de un entorno variable que cambia del día a la noche. Estos pequeños refugios artificiales, se deben convertir en un pequeño oasis que preserve la escala humana y genere una atmósfera confortable.

Dentro del estudio del clima encontramos una realidad tan compleja que resulta difícil simplificarla, ya que factores como la radiación, humedad, temperatura o movimiento del aire pueden influir notablemente en el bienestar y las sensaciones con las que percibimos nuestro entorno.

3.- METODOLOGÍA

La metodología en este trabajo consiste en un análisis del caso de estudio en el que definiremos tanto sus demandas energéticas como su análisis CFD y ver en cuanto puede llegar a influir la ventilación natural para alcanzar el confort térmico y en la reducción de la demanda energética de refrigeración, pero primero de todo deberemos de obtener los datos de las características climáticas del lugar, analizando sus temperaturas, vientos y otros factores ambientales, con el posterior estudio de qué forma pueden afectar al proyecto y en qué aspectos poder maximizar su rendimiento.

3.1.- Caso de Estudio

La metodología del caso de estudio en analizar un caso piloto, el cual representa unas condiciones generales, de las cuales vamos a obtener unos valores que se podrán servir de base para el resto de los casos. No consiste en obtener unos resultados válidos para todos los casos, si no más bien, proporciona datos concretos para analizar y reflexionar sobre las posibles soluciones que puedan llevarse a cabo para el problema en cuestión.

Es un gran recurso que sirve para llevar la teoría a la práctica real, ofreciendo la posibilidad de contrastar resultados y generar nuevas sugerencias a partir de los resultados. Por ejemplo, en este trabajo, este análisis podrá servir como base para analizar el resto de tipologías de las Case Study Houses, simplemente sería cambiar los datos base y realizar la misma metodología para obtener los resultados adaptados a cada caso.

3.2.- Climate Consultant

Para conocer de primera mano las condiciones climáticas de la zona que vamos a analizar, utilizaremos el programa “Climate Consultant” para estudiar las diversas estrategias que nos plantea el programa para conseguir unas condiciones higro-térmicas confortables. Dicho programa mediante archivos “. epw” los cuales se pueden encontrar en internet mediante la búsqueda de “Weather Files”, apareciendo documentación de innumerables ciudades alrededor del mundo, permitiendo al proyectista analizar detalladamente el clima de la región en cuestión teniendo al alcance de su mano una completa base de datos climáticos, transportados gráficamente en un Ábaco Psicométrico. Esta gráfica bioclimática nos ayuda a tomar soluciones más efectivas para llegar a la zona de confort, adaptándose a las particularidades del clima, teniendo en cuenta sus problemas e impactos, evaluando los términos fisiológicos y proyectar edificios más sostenibles y eficientes con la combinación de dichas herramientas. Sigue la línea del discurso que en su día planteó Victor Olgyay, en cuanto a que las soluciones tecnológicas para conseguir el confort en los lugares dependían de una combinación entre las soluciones de una buena elección del lugar, la orientación por el tema del asoleo, generar sombrar en las épocas del año necesarias y una forma que supiera absorber los impactos térmicos.

| DESIGN GUIDELINES (for the Full Year) | | LOCATION: | Climate Zone 9, CA, USA |
|---|--|----------------------------|---|
| California Energy Code | | Latitude/Longitude: | 34.15° North, 118.15° West, Time Zone from Greenwich -8 |
| All Design Strategies, User Modified Criteria | | Data Source: | WYEC2-C-00009 722880 WMO Station Number, Elevation 263 m |
| Assuming only the Design Strategies that were selected on the Psychrometric Chart, 100.0% of the hours will be Comfortable. | | | |
| This list of Residential Design guidelines applies specifically to this particular climate, starting with the most important first. Click on a Guideline to see a sketch of how this Design Guideline shapes building design (see Help). | | | |
| 19 | For passive solar heating face most of the glass area south to maximize winter sun exposure, but design overhangs to fully shade in summer | | |
| 45 | Flat roofs work well in hot dry climates (especially if light colored) | | |
| 20 | Provide double pane high performance glazing (Low-E) on west, north, and east, but clear on south for maximum passive solar gain | | |
| 42 | On hot days ceiling fans or indoor air motion can make it seem cooler by 5 degrees F (2.8C) or more, thus less air conditioning is needed | | |
| 11 | Heat gain from lights, people, and equipment greatly reduces heating needs so keep home tight, well insulated (to lower Balance Point temperature) | | |
| 37 | Window overhangs (designed for this latitude) or operable sunshades (awnings that extend in summer) can reduce or eliminate air conditioning | | |
| 62 | Traditional passive homes in temperate climates used light weight construction with slab on grade and operable walls and shaded outdoor spaces | | |
| 66 | Traditional passive homes in hot windy dry climates used enclosed well shaded courtyards, with a small fountain to provide wind-protected microclimates | | |
| 51 | Slab on grade should provide enough thermal mass for storing night 'coolth', but if air conditioning is still needed add more interior mass | | |
| 39 | A whole-house fan or natural ventilation can store nighttime 'coolth' in high mass interior surfaces (night flushing), to reduce or eliminate air conditioning | | |
| 58 | This is one of the more comfortable climates, so shade to prevent overheating, open to breezes in summer, and use passive solar gain in winter | | |
| 60 | Earth sheltering, occupied basements, or earth tubes reduce heat loads in very hot dry climates because the earth stays near average annual temperature | | |
| 41 | The best high mass walls use exterior insulation (like EIFS foam) and expose the mass on the interior or add plaster or direct contact drywall | | |
| 8 | Sunny wind-protected outdoor spaces can extend living areas in cool weather (seasonal sun rooms, enclosed patios, courtyards, or verandahs) | | |
| 31 | Organize floorplan so winter sun penetrates into daytime use spaces with specific functions that coincide with solar orientation | | |
| 43 | Use light colored building materials and cool roofs (with high emissivity) to minimize conducted heat gain | | |
| 35 | Good natural ventilation can reduce or eliminate air conditioning in warm weather, if windows are well shaded and oriented to prevailing breezes | | |
| 47 | Use open plan interiors to promote natural cross ventilation, or use louvered doors, or instead use jump ducts if privacy is required | | |
| 3 | Lower the indoor comfort temperature at night to reduce heating energy consumption (lower thermostat heating setback) (see comfort low criteria) | | |

fig. [5] - Recomendaciones Estrategias Pasivas

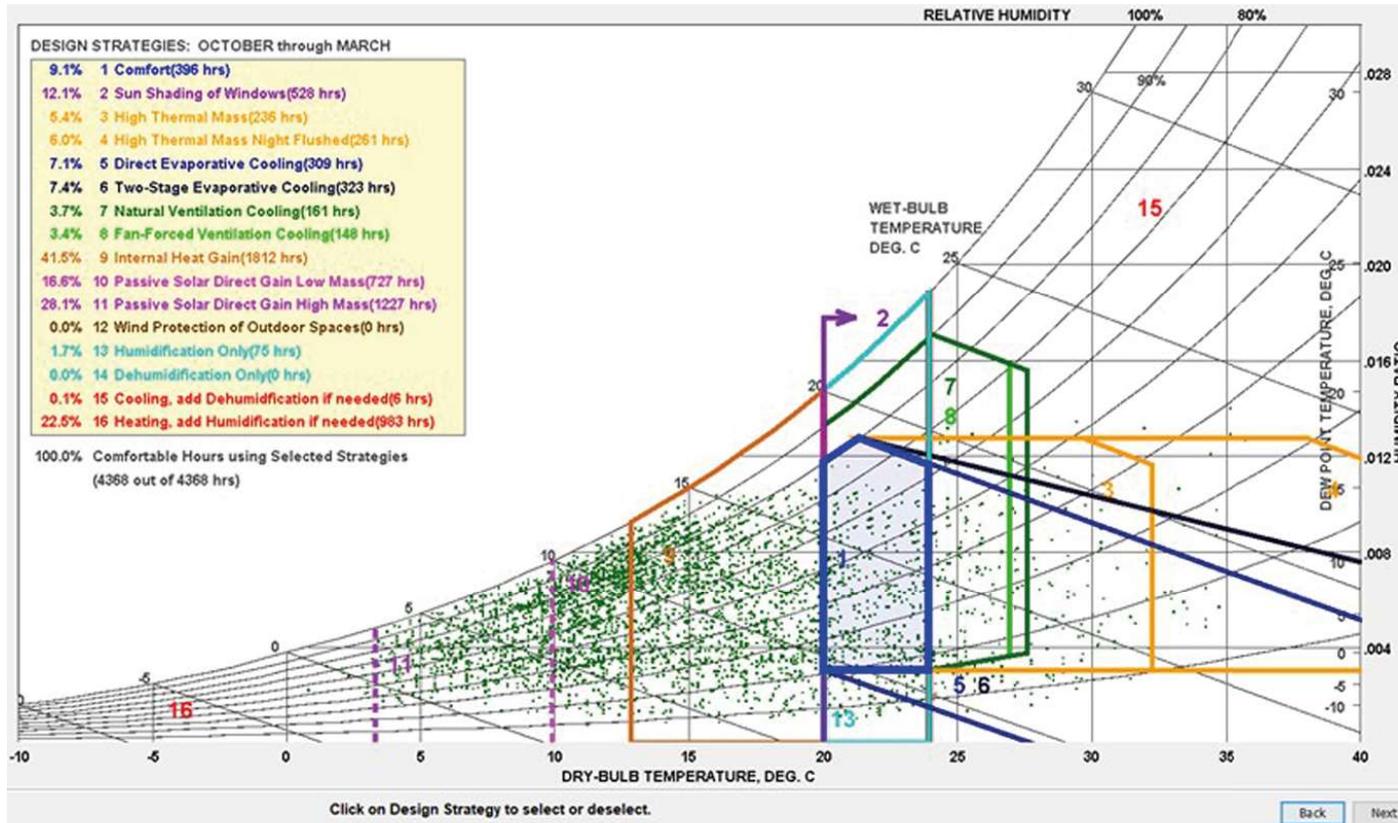


fig. [5] - Climograma de Givoni

El Climograma de bien estar de Givoni para edificios tiene en cuenta las variables que se producen entre la propia edificación y los ambientes que lo rodean, exponiendo todas las condiciones tanto interiores como exteriores con el objetivo de mostrar diferentes soluciones para llegar a unas determinadas condiciones de confort, llamada zona de bienestar térmico.

El Climograma de Givoni es una carta que permite determinar que estrategia bioclimática seguir en función de las necesidades higrotérmicas del edificio en una época en concreto a lo largo del año. Se distinguen en el diagrama unas zonas asociadas a sus respectivas técnicas bioclimáticas que permiten alcanzar la zona del bienestar.

Distinguiendo dos zonas principalmente, la que para que cumpla sólo basta con alcanzar la temperatura en seco o la humedad y la zona que depende de combinar varios factores adicionales. [12]

3.3.- Simulación CFD

Las siglas CFD que traducidas del inglés significa Dinámica de Fluidos Computacional, consiste en un método de cálculo computacional que permite obtener la velocidad del aire y la temperatura al detalle. Esta simulación proporciona información sobre las condiciones de los aspectos ambientales en la construcción, tanto fuera como dentro. Por lo tanto, hablamos de una simulación dinámica de fluidos en un espacio en el cual hemos especificado previamente características como la latitud, el clima, etc.

Para llevar a cabo este estudio empleamos el Desing Builder, pudiendo generar nuestro modelo en tres dimensiones y establecemos unas condiciones acordes a su situación geográfica. Así bien, estudiamos minuciosamente las corrientes que genera la ventilación natural en el modelo y los flujos interiores con sus respectivos caudales y velocidades. El programa no ofrece una solución directamente, pero calcula una solución aproximada, mostrándose en la gráfica de residuales y monitoreo, donde la optimización de esta tiende gradualmente hacia la solución. Donde se visualiza que cuando más óptimas son las soluciones, las iteraciones se van aproximando a cero, mostrando una solución.

Además, para asegurarnos que las comprobaciones nos dan unos resultados que se puedan garantizar que sean verídicos, hemos realizado una hoja de cálculo en Excel donde especificamos en cada hueco sus dimensiones, las presiones a Barlovento y Sotavento que recibe con el ángulo que incide el viento, obteniendo un caudal y una velocidad razonables respecto a los obtenidos en el programa.

Cálculo de la ventilación natural por efectos del viento.

1. Definición de Huecos a Barlovento.

| Denominación de hueco | Area de hueco [m ²] | Presión Barlovento en la zona [Pa] | Presión Sotavento en la zona [Pa] | Angulod de ataque del viento [°] | Caudal global entrante: 17,83 [m ³ /s] | |
|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------|
| | | | | | Caudal [m ³ /s] | Velocidad [m/s] |
| V1 | 6 | 3,27 | -2,27 | 10 | 3,87 | 0,65 |
| V2 | 6 | 4,36 | -2,27 | 10 | 4,05 | 0,68 |
| V3 | 6 | 3,27 | -1,08 | 10 | 3,65 | 0,61 |
| V4 | 3 | 2,18 | -1,08 | 80 | 0,42 | 0,14 |
| V5 | 3 | 1,1 | -1,08 | 80 | 0,38 | 0,13 |
| V6 | 3 | 4,36 | -1,08 | 10 | 2,73 | 0,91 |
| V7 | 3 | 4,36 | -1,08 | 10 | 2,73 | 0,91 |

fig. [6] - Hoja de cálculo de las presiones

3.4.- Simulación Energética

El Cype Therm se trata de un programa bastante utilizado en España a la hora de calcular el consumo de energía final mediante su demanda y rendimiento a lo largo del día para calcular su eficiencia energética según el uso al que vaya destinado cada edificio.

Este cálculo lo realizamos con el fin de determinar el consumo de energía primaria del edificio. Para ello se utiliza el programa “Cype Therm”, que a través de este se realiza un simulacro anual con el motor de cálculo de “Energy Plus” teniendo en cuenta el modelo térmico de la zona y distinguiendo los distintos intervalos horarios hora a hora.

Estos cálculos de las demandas desglosan el consumo energético definiendo las distintas condiciones determinadas y su distribución por equipo, servicio técnico y vector energético utilizado. Teniendo en cuenta la contribución de energía in situ, calcula la energía final consumida por los equipos técnicos del edificio de acuerdo con el cálculo de eficiencia energética en el marco del convenio con el Ministerio de Fomento.

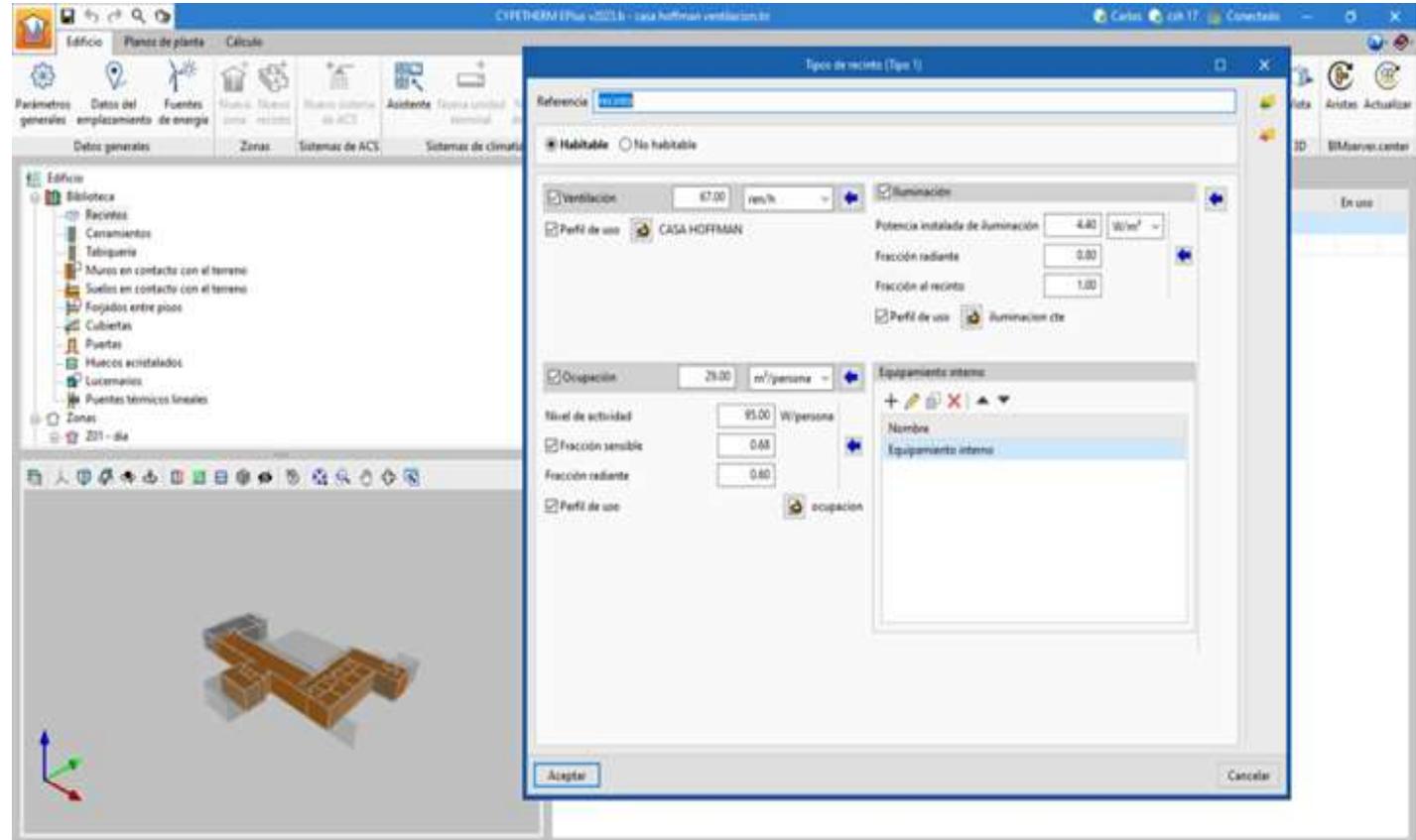


fig. [7] - Captura Cype Therm

Dicho programa sigue los siguientes pasos, empezando por detallar principalmente las envolventes térmicas del edificio, así como el resto de los componentes, con lo cual obtenemos una calificación energética basada en la normativa correspondiente y sobre esta, el programa nos recomendará mejoras para optimizar la eficiencia.

Primero de todo, creamos un modelo 3d en “IFC Builder” que será compatible con dicho programa, siguiendo el formalismo del programa original. Especificando las diversas zonas del proyecto remarcando si son habitables o no, para ver si es preciso enfatizar con el cálculo para tener en cuenta factores como las renovaciones de aire.

Con ello pasamos a especificar la materialidad de los distintos recintos, añadiendo el grosor y escogiendo el tipo dentro del CTE para adoptar la conductividad térmica que esta estipulada. Así como su orden de colocación ya sea desde la cubierta hasta la solera pasando por los tabiques, sin olvidarnos de definir huecos y sus respectivas transmitancias. Y una vez añadida su ubicación obtenemos la demanda energética que requiere en base a todos los datos anteriores, mostrando los distintos puentes térmicos y cómo mejorarlos.

En este trabajo estudiamos dos casos, el primero sería la propia vivienda sin tener en cuenta la ventilación natural y en el segundo caso aplicando los resultados de ventilación obtenidos en DesingBuilder. Así podemos tener unos resultados comparables de los cuales podemos deducir si la ventilación natural en la vivienda está bien proyectada o no, teniendo en cuenta los diversos factores comentados previamente como las características propias de la zona, su materialidad, etc.

4.- CASA HOFFMAN

4.1.- Descripción del caso

Situada en el 9554 de Hidden Valley Road de Beverly Hills (1954-55). Cercana al doble de dimensiones respecto al resto de CSH, este proyecto estuvo diseñado para una familia con cuatro hijos. Es una casa muy lujosa y no sólo en el ámbito del tamaño, sino en términos de comodidades, incorporando características como la piscina, la pista de tenis, los cuartos de las criadas con baños, patios exteriores privados para cada habitación de los niños, un área espaciosa para un gran baño y vestidor al lado de la habitación principal y una gran provisión de accesorios.

Distribuida la planta en forma de u, reúne todas las habitaciones a lo largo de un ala, perpendicularmente dispone la zona de día con el salón, cocina y comedor, todas estas zonas con acceso directo a la piscina, dispuesta en el centro de la planta, mediante grandes puertas correderas de cristal.

Como la temprana primera CSH de Ellwood, esta se caracteriza por la materialidad vista en los elementos de acero, muros de ladrillo o el propio cristal. Unos pocos años después, sin embargo, fue alterada por sus dueños para aportar detalles neoclásicos, provocando que el diseño original sea menos reconocible.

Fue una de las últimas CSH en construirse, situándose en un terreno prácticamente llano, salvo una pequeña colina, teniendo un área total de 60 x 70 m, siendo un terreno boscoso con fácil acceso con las características habituales de California. Los factores ambientales están considerados de forma óptima, tenidos en cuenta en su diseño, mezclándolo con un entorno sintético, es decir, domesticar la naturaleza para optimizar la relación que se genera entre la casa y su espacio exterior.

La casa está planteada para una familia con cuatro hijos con habitaciones individuales para cada niño, teniendo estas unas dimensiones mínimas con un baño sirviendo a cada dos. Abiertas estas a unos patios interiores privados, mientras que la habitación principal que incluye un estudio, zona de dormir, vestidor y zona de baños. La zona del vestidor-baños es multifuncional ya que puede dividirse en cuatro zonas o llegar a utilizarse todas de forma simultánea. El compartimento del vestidor tiene dos lavamanos y un armario que se extiende a lo largo de todo el muro norte, situándose esta pieza al medio entre la habitación principal y el estudio, volcándose todas a la terraza sur mediante cristalerías correderas. Esta ala está comunicada a través de un corredor paralelo al eje principal de esta, teniendo por un lado una zona de almacenamiento y por otro está abierto a la terraza sur.

La sala de estar es deliberadamente pequeña porque está destinada a albergar a grupos reducidos, así consigue un cierto grado de intimidad y calor. La pared de detrás de la chimenea es de bloque natural de arcilla, mientras que la chimenea en sí es de mármol y la mampostería de los voladizos de acero, donde la pared de ladrillo se extiende más allá del cristal, dando continuidad al espacio exterior de la terraza.

A excepción del ala de los dormitorios, se puede acceder a todas las áreas de la casa desde el núcleo central, para llegar a las habitaciones no es necesario cruzar el salón, ya que el flujo de transiciones se encuentra pegado a la pared norte, alejados de los muebles y las alfombras. La habitación de los sirvientes se encuentra fuera del complejo, pero relativamente cerca de la pieza de día. Además, posee un pequeño jardín privado con la posibilidad de ampliar las estancias. Los baños al situarse en el acceso sirven tanto para estos primeros como para los invitados y la cocina se sitúa estratégicamente entre la entrada de la cochera, el comedor y la terraza, siendo accesible desde cualquiera de las tres áreas. Siguiendo por la pieza de día observamos que el comedor y el salón están divididos nítidamente por un mueble bar, dando continuidad al espacio y abriendo ambos a la terraza sur.

Finalmente, en el ala este, aparte de situarse la cochera y una zona de almacenaje, se encuentra una sala de proyecciones y más al sur una habitación que puede servir tanto como zona de juegos cubierta para los más pequeños como almacén para materiales de la piscina. [1]

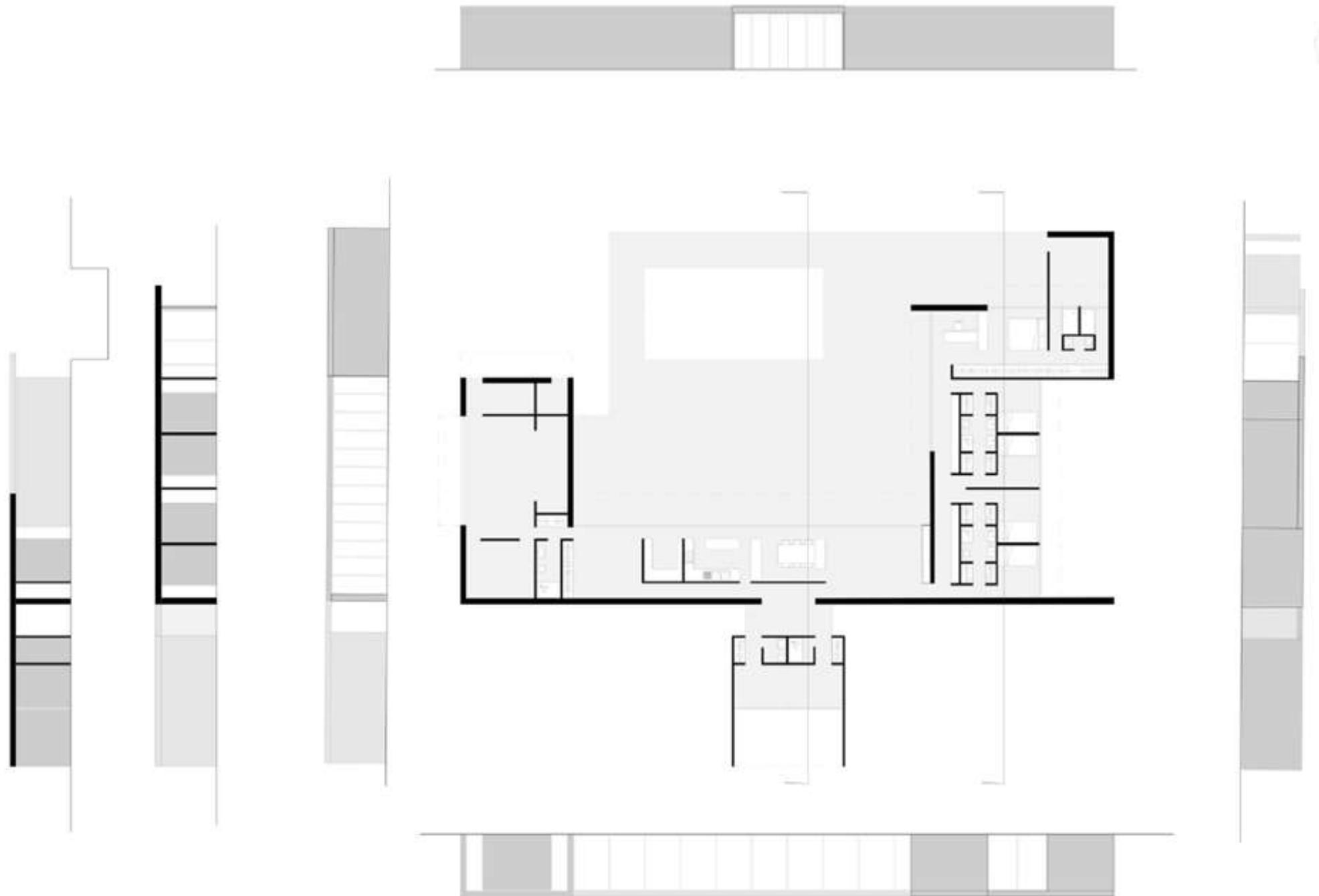


fig. [8] - Plantas, alzados y secciones

4.2.- Razones Elección

Motivado personalmente en la búsqueda de una casa con una necesidad de eficiencia energética, selecciono la casa número 17 de Craig Ellwood debido a que se trata de una casa que se distribuye alrededor de un gran patio central, teniendo una configuración formal atractiva y desde el punto de vista del trabajo interesante para analizar.

Obviamente, podemos aportar soluciones actuales que la casa no posee por su época y a su vez, al no ser icónica es un caso no tan estudiado y redundante como los principales proyectos del programa y así alimentar nuestro conocimiento.

Por último, resulta bastante interesante su planta permeable, la influencia de la inercia y el enfriamiento evaporativo por la humedad de la piscina a la hora de analizar los resultados y ver en qué grado afectan estos factores a su entorno.



fig. [9] - Imagen Exterior Casa Hoffman

4.3.- Definición Constructiva

Dentro de las Case Study Houses, las viviendas proyectadas por Ellwood poseían instalaciones de última tecnología, sin embargo, la estructura recurre a pilares de acero vistos del perfil HEB 100, muy recurrente en muchas CSH y Vigas del perfil HEB 120, mientras que como elemento de remate para el frente de forjados utiliza unos perfiles UPN de 140 con los que consigue ocultar el canalón del desagüe a su vez que genera una imagen unitaria y compacta de la propia cubierta. [9]

Por una parte, al ser una casa no tan conocida y estudiada, como es obvio no hay tanta información de primera mano en cuanto al detalle constructivo, pero al ver que ciertas técnicas las podemos apreciar también en la Casa Bailey de Pierre Koenig, podemos hipotetizar un modelo de cómo era dicha cubierta originalmente. Sin obviar las propias imágenes que nos dejan ver sus acabados superficiales como la madera de nogal en los interiores.

En cuanto a los tabiques, podemos diferenciar dos tipos, en los cuales, los principales están compuestos por Ladrillo Portante de Celda Circular de Terracota sin ninguna cámara de aire ni aislante interior. Y las particiones interiores que consisten en montantes de madera sobre los que se dispone un chapado de madera de nogal. [5][6]

Además, cabe destacar que sigue una retícula modular de 2 metros, que actualmente tras sufrir tantas remodelaciones por sus actuales propietarios es de lo poco que podemos reconocer del proyecto original.

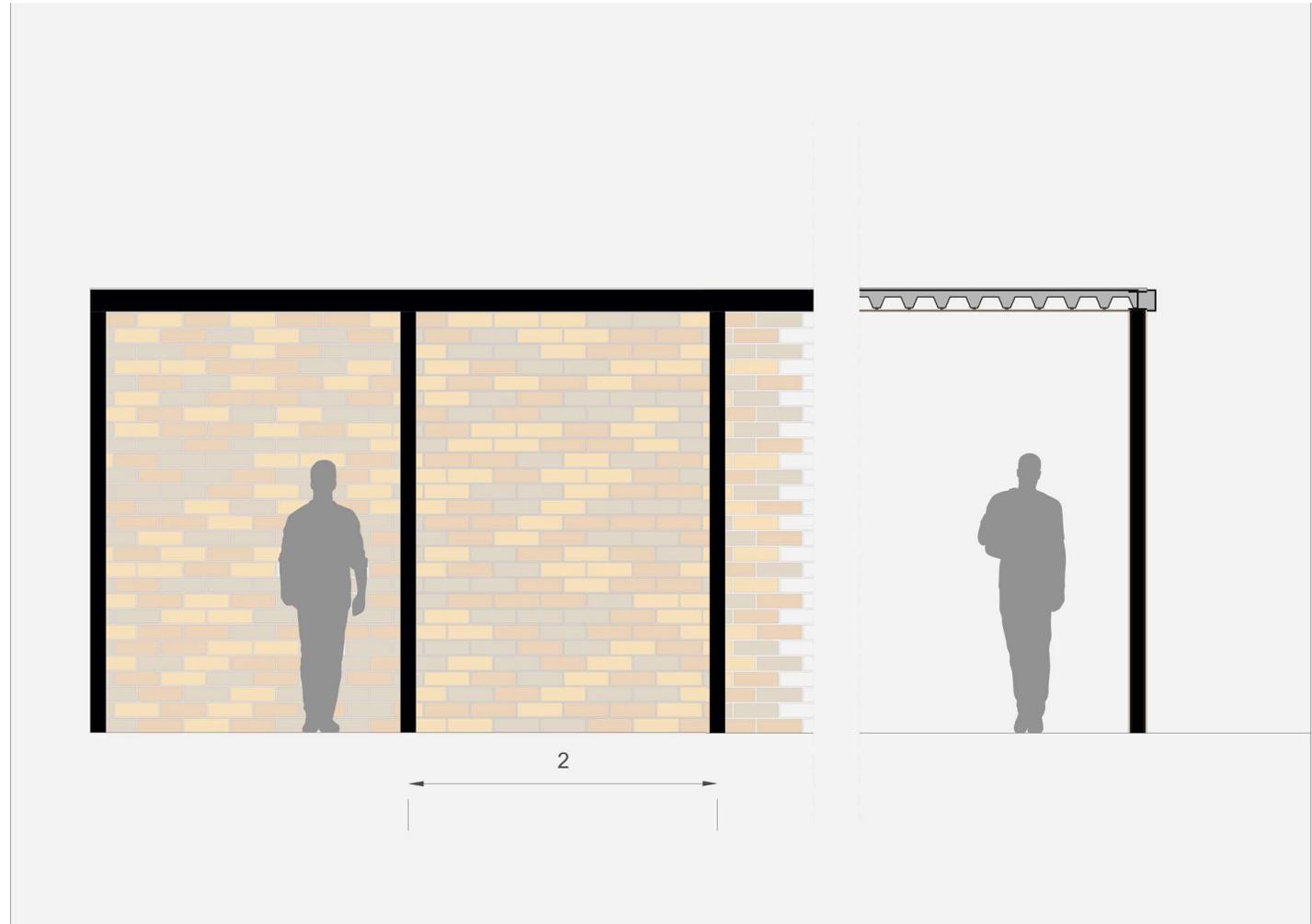


fig. [10] - Detalle Construcción

4.4.- Análisis Climático

Los veranos en Beverly Hills están caracterizados por ser calurosos, áridos y despejados, mientras que los inviernos son largos, frescos, mojados y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año la temperatura oscila entre 9-27°C. Siendo la temporada calurosa dura aproximadamente de 3 meses llegando la temperatura máxima promedio a 26 grados, mientras que la temporada fresca dura 4 meses, alcanzando la mínima promedio de 9 grados.

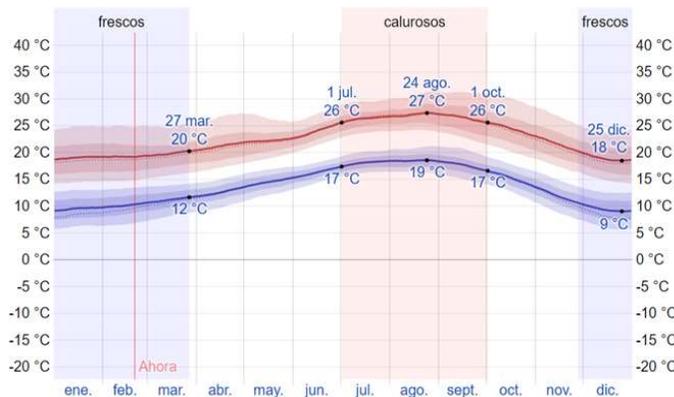


fig. [11] - Gráfica de temperaturas máximas y mínimas

Coincidiendo con los solsticios de verano e invierno, los días más largos y cortos tienen casi diez y catorce y media horas respectivamente. Por lo tanto, podemos decir que recibe una cantidad de horas de sol importantes para tener en cuenta en el proyecto. En cuanto a las nubes, el porcentaje de cielo cubierto podría dividirse en dos fases, de seis meses cada una, iniciando en abril la parte más despejada, alcanzando su pico en agosto.

Por la otra parte, inicia en noviembre la temporada más nublada donde el promedio de mayormente nublado alcanza casi la mitad de los días. Y en el ámbito de las precipitaciones, no son excesivas situándose a principios de año el mes más lluvioso, febrero, pero sin alcanzar la semana de días lluviosos, ni combinando precipitaciones en forma de nieve y agua. Aunque sí que es importante considerar la temporada seca ya que dura en torno a 8 meses donde en meses como julio prácticamente no llueve ningún día.

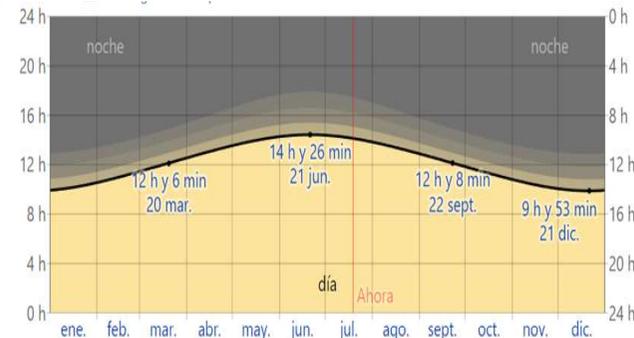


fig. [11] - Gráfica de horas de luz

Respecto a la humedad, basamos este índice en el punto de rocío ya que este determina la comodidad del ser humano, dicho valor indicará cuando el sudor se evaporará de la piel, reduciendo así la temperatura corporal. Cuando los puntos del rocío son más altos se siente el ambiente más húmedo y si son más bajos, se sentirá el ambiente más frío. A diferencia de la temperatura, que varía considerablemente entre el día y la noche, el punto de rocío no cambia tan brusco. Por ejemplo, si un día es húmedo, al llegar la noche, esta seguirá siendo húmeda. Por lo tanto, el nivel de humedad que provoca incomodidad no supera el 3% a lo largo del año.

Por último, el viento en esta ubicación está influenciado principalmente por la topografía local del terreno entre otros factores, siendo los más cambiantes su velocidad, que cambian sobre todo en las variaciones estacionales a lo largo del transcurso del año. Las temporadas de viento también las podemos diferenciar en dos etapas de seis meses cada una, siendo la de mayor intensidad a partir de noviembre teniendo un promedio de 11 kilómetros por hora, siendo diciembre el mes más intenso.

Mientras que la fase más calmada empieza en mayo con una velocidad promedio de 8,4, siendo una variación no muy elevada. En cuanto a su dirección predominante, el más frecuente proviene del oeste durante dos tercios del año, correspondiéndose a vientos del norte del periodo de octubre a marzo. [10]

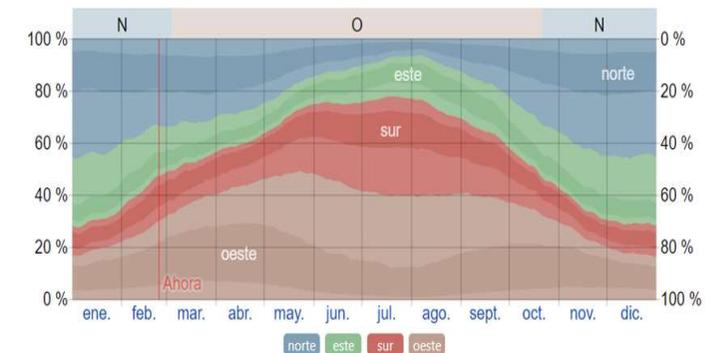


fig. [11] - Gráfica dirección viento

Es importante destacar también la particularidad del viento de Santa Ana, el cual si tuviéramos que definirlo con tres palabras, estas serían sin duda intenso, caliente y seco.

Estos vientos se originan durante el otoño y principios del invierno en las regiones más altas de California, siendo breves pero intensos debido a que gracias a las fuerzas de gravedad adquieren una gran velocidad.

Una vez formados indistintamente de si son calientes, fríos o templados, estos descienden hacia el océano pacífico, donde llegan con una gran variación de presiones, ya que, de contener altas presiones en la montaña, pasan a comprimirse, reduciendo su humedad, pasando a ser vientos calientes.

Mientras que, debido a su paso previo por la Gran Cuenca y el desierto de Mojave, impregnándose de la sequedad del lugar. La combinación de estos tres factores que generan un viento peligroso a la hora de prevenir incendios. [11]

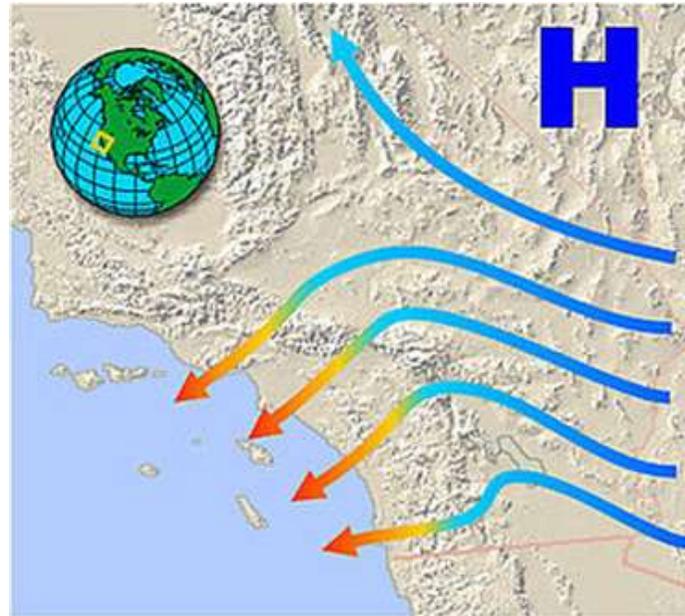


fig. [12] - Viento de Santa Ana

4.4.1.- Estrategias Clima

Para esta zona climática 9, las estrategias de diseño que propondrá el programa para conseguir unas condiciones favorables para este clima, partiendo de que en INVIERNO sobre un 7% de las horas no necesitaría ninguna estrategia pasiva, ya que las condiciones del clima son favorables.

En cuanto a las estrategias pasivas un 54% de las horas necesitaríamos una ganancia de calor interna, suponiendo la estrategia principal, seguida de conseguir calor mediante humidificación, la cual mediante la piscina se conseguiría una gran aportación y por último, la ganancia pasiva de calor mediante radiación solar, suponiendo el 19% de las horas.

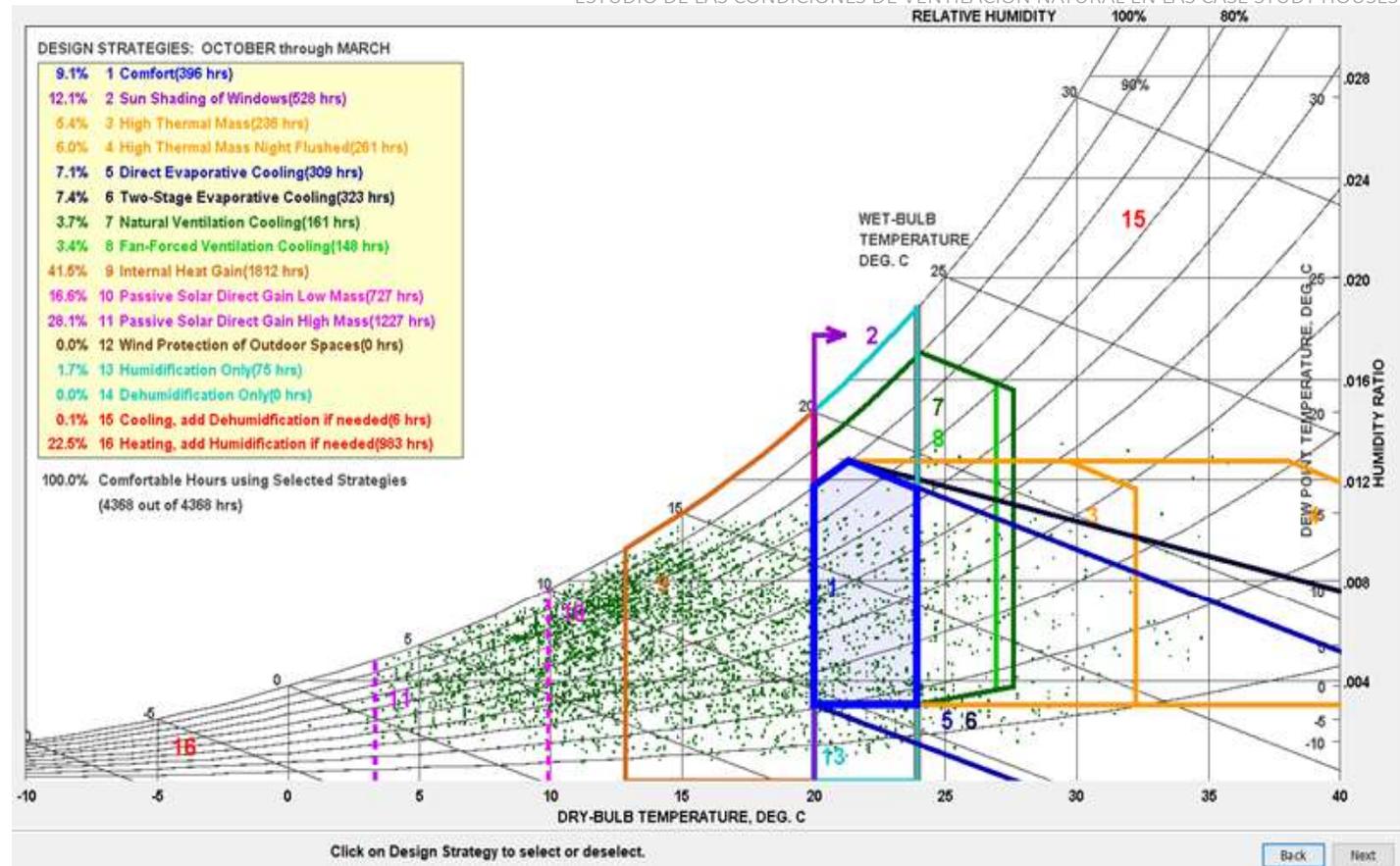


fig. [13] - Estrategias Invierno

Mientras que, en verano, más del 18% de las horas no necesita ninguna estrategia pasiva, el 50% con ganancias de calor interno se alcanzaría un confort térmico y en alrededor de un 30% de los casos se solventarían generando sombras en las aberturas utilizando diferentes elementos de protecciones solares como voladizos o “brise-soleil”.

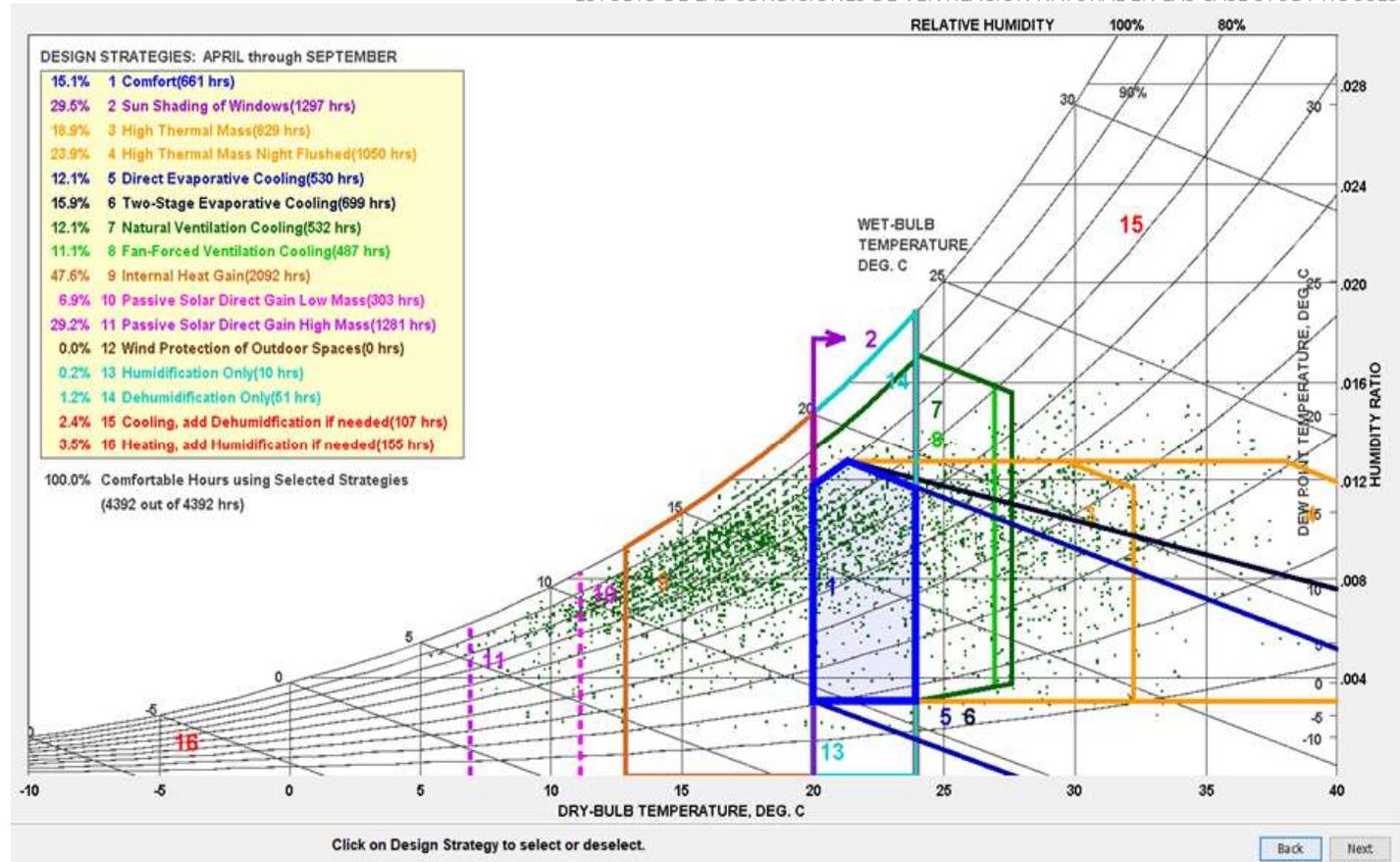


fig. [13] - Estrategias Verano

4.4.2.- Estrategias Viento

| MES | DIRECCION | Vel Med | Vel Max | Temp |
|------------|-------------------|---------|---------|------|
| ENERO | 330º y 170º | 4 | 8 | 12 |
| FEBRERO | Todos lados | 4 | 12 | 12 |
| MARZO | 110º y 160º | 5 | 14 | 14 |
| ABRIL | 180º | 4 | 14 | 16 |
| MAYO | 180º | 2 | 10 | 18 |
| JUNIO | 180º | 2 | 6 | 20 |
| JULIO | 180º | 4 | 6 | 24 |
| AGOSTO | 180º | 4 | 10 | 22 |
| SEPTIEMBRE | 180º | 2 | 4 | 24 |
| OCTUBRE | 160º | 3 | 8 | 20 |
| NOVIEMBRE | 110º, 180º y 330º | 4 | 11 | 14 |
| DICIEMBRE | Todos lados | 4 | 8 | 12 |

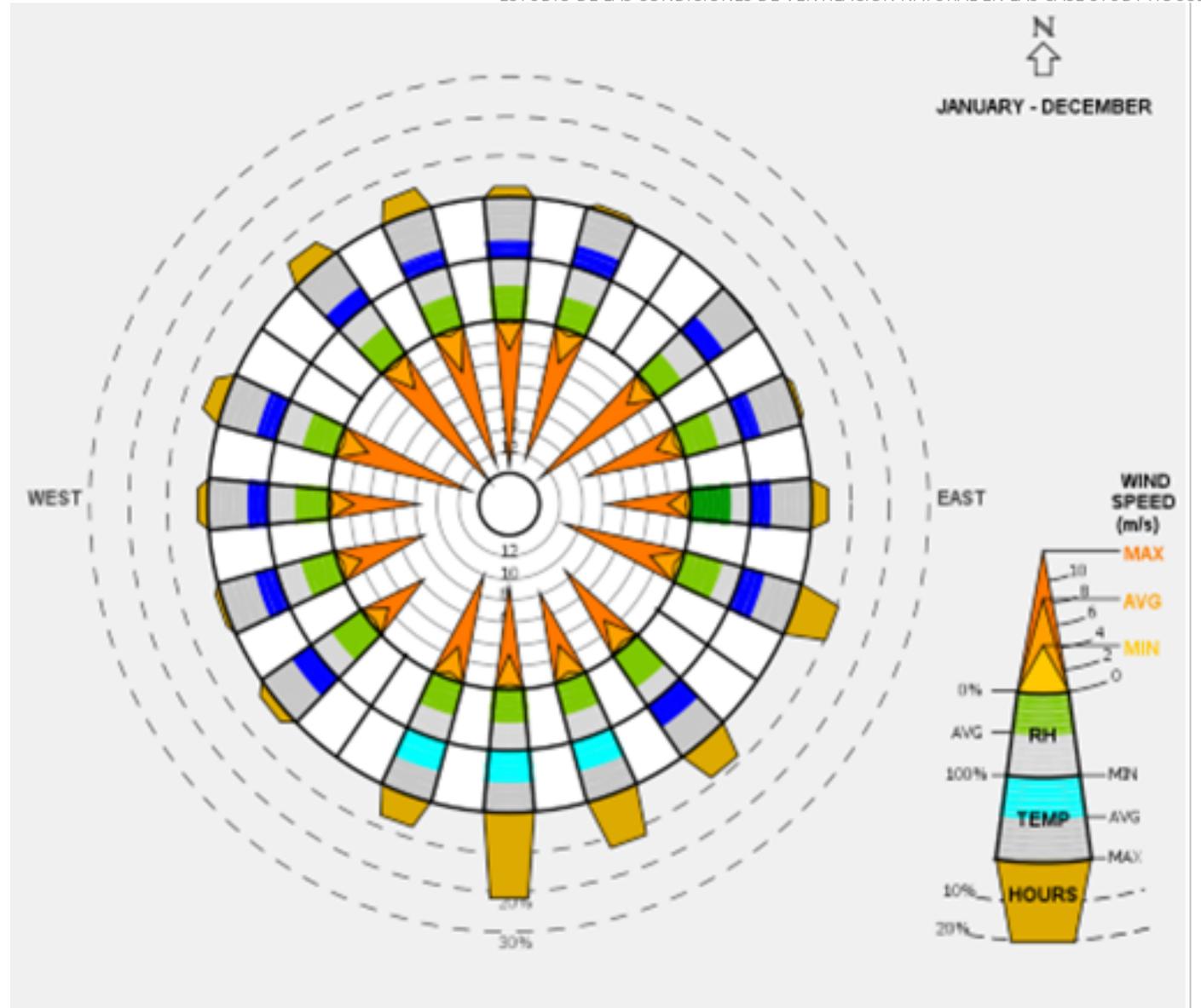


fig. [13] - Rosa de los vientos anual

| | | |
|-------------------|-------|-------|
| Junio | 82 h | 11,4% |
| Julio | 108 h | 14,5% |
| Agosto | 155 h | 20,8% |
| Septiembre | 111 h | 15,4% |
| Octubre | 49 h | 6,6% |

La ventilación natural la podemos aplicar siempre que se cumplan dos factores, la primera que la temperatura exterior sea baja, para refrigerar, que no suponga un aporte de calor y así conseguir alcanzar una temperatura de confort adecuada y por otra parte que sea temporada estiva, en invierno no nos hace falta rebajar la temperatura, sino justo lo contrario, en verano necesitamos refrigerar y que no haya riesgo de sobrecalentamiento. El resto de los meses son despreciables.

5.- Resultados

5.1.- CFD

5.1.1.- Análisis Exterior

En primer lugar, vemos cómo afectan las condiciones ambientales al proyecto en cuestión, obteniendo en el análisis externo de qué manera afectan parámetros de la zona geográfica en concreto (viento, temperatura, etc.) a la forma geométrica. Para realizar este estudio, he modelado la casa Hoffman en el programa, en la cual he determinado la proveniencia de los vientos principales (sur, 180° respecto de norte) y la ligera desviación respecto de norte que posee la vivienda. A continuación, he calculado el CFD con 6000 itinerancias para obtener los datos de las distintas presiones y velocidades del viento que actúan sobre la fachada.

Aquí podemos observar de qué forma afectan los vientos característicos de la zona y la configuración del formalismo en el proyecto. Siendo su proveniencia con una orientación sur a 180° respecto a norte, en la mayoría de los casos, con una velocidad media que oscila sobre los 4m/s.

En las capturas contiguas podemos observar que los bulbos de presiones mayoritarios se concentran en las fachadas orientadas a sur, totalmente expuestas, mientras que en las fachadas opuestas apreciamos como las presiones son directamente negativas y en el de velocidades, las mayores corresponden con las zonas de mayor presión.



fig. [14] - Planta y perfil de las presiones del viento

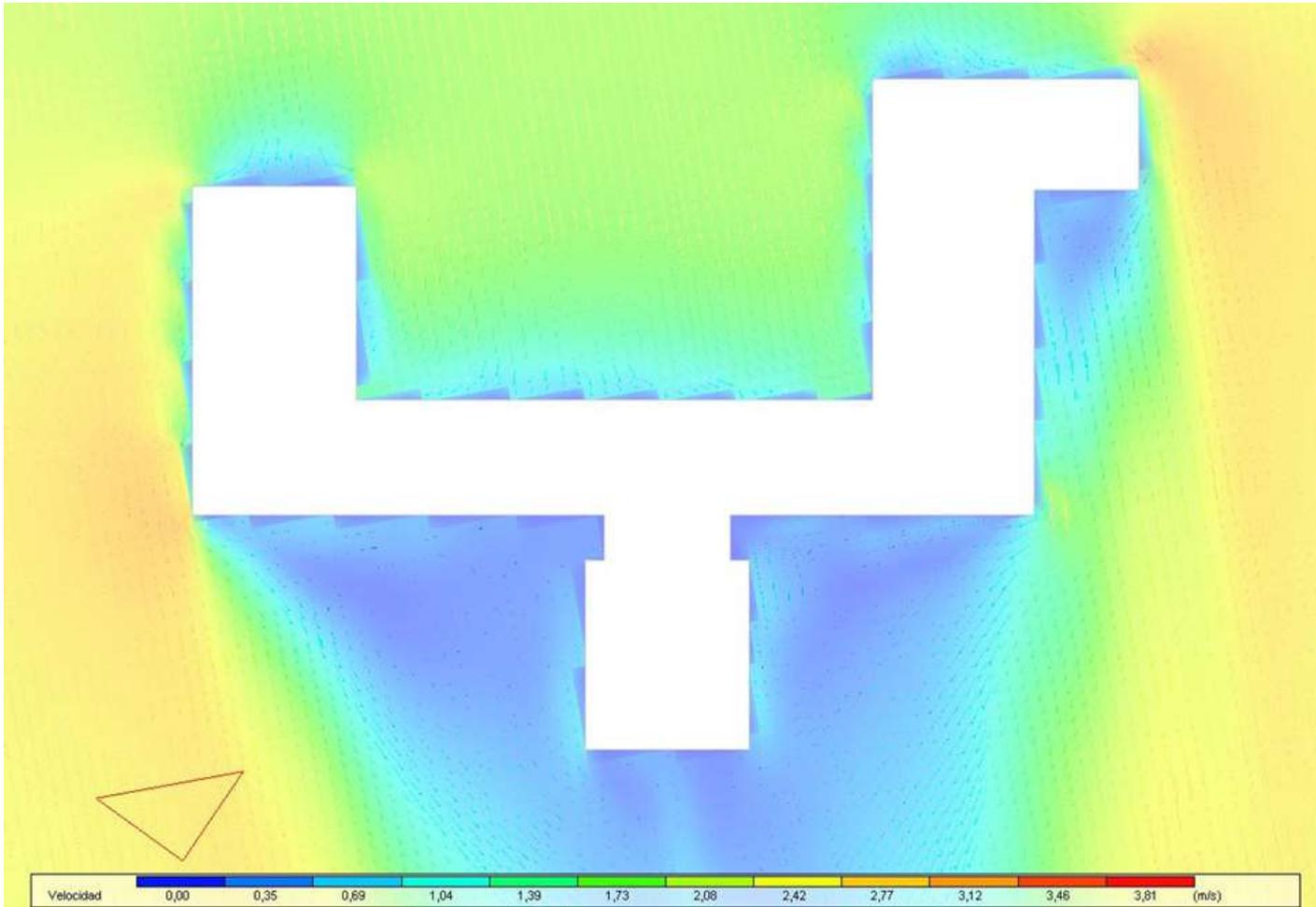
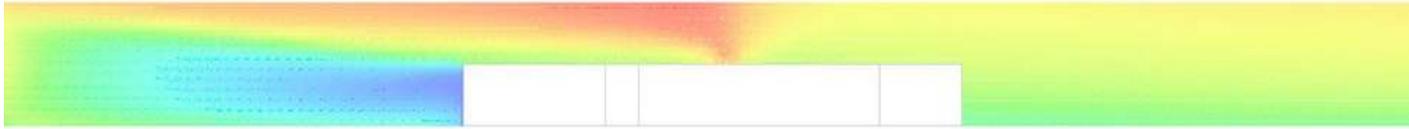


fig. [14] - Planta y perfil de las direcciones y velocidad del viento

5.1.2.- Análisis Interior

Para realizar los cálculos internos, las aberturas las interpretaremos como superficies CFD donde podemos indicar su desviación, para obtener resultados más exactos. Tenemos en cuenta la dirección, temperatura de entrada y caudal, tomados estos datos previos a su impacto con la superficie de la vivienda, ya que, si no, tomamos datos distorsionados. Calificando a las distintas aberturas como difusor o rejilla en función de los datos obtenidos.

Una vez introducidos los datos en el programa, principalmente analizamos los resultados de los vectores de la velocidad, así como la antigüedad del propio aire. Los vectores se representarán además en metros partido segundo.

Se pueden diferenciar dos flujos principales, todos ellos provenientes de las aberturas situadas a sur, donde se produce el efecto Venturi, el cual quiere decir que cuando el flujo pasa por una zona de menor sección, esta se concentra aumentando su velocidad y disminuyendo la presión.

Por una parte, el flujo que atraviesa la parte de día, se focaliza un gran porcentaje hacia la pieza norte que es la que tiene aberturas hacia la dirección opuesta, pero una parte acaba saliendo por el ala de las habitaciones, debido a que la dirección del viento tiene una ligera desviación hacia ese lado.

Por la otra parte, observamos como el otro gran flujo entra en el ala de las habitaciones a través de la habitación principal, situada en el extremo de esta. Pega un giro brusco hacia el pasillo para acabar desviándose en las tres primeras habitaciones por sus aberturas hacia el oeste. Aquí se refleja claramente que la parte de las habitaciones está deficientemente ventilada debido a que la alineación de las puertas con el pasillo obliga al flujo a tener un giro prácticamente perpendicular, forzando una forma poco natural, que no ayuda a ventilar de forma óptima.



fig. [14] - Secciones transversales de presiones y velocidades viento

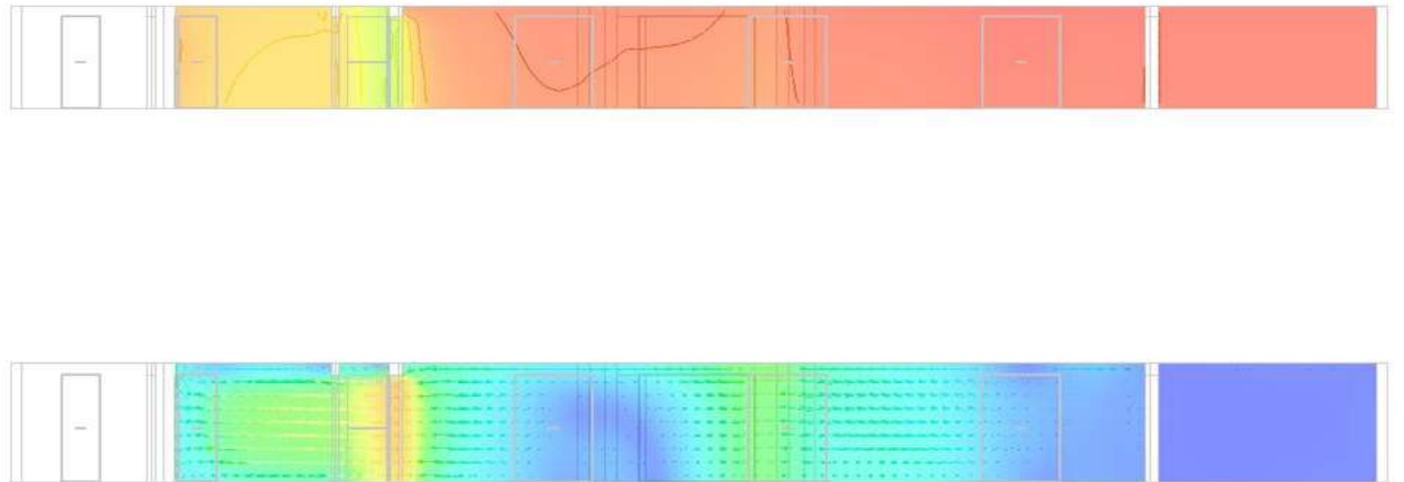


fig. [14] - Secciones longitudinales de presiones y velocidades viento, respectivamente

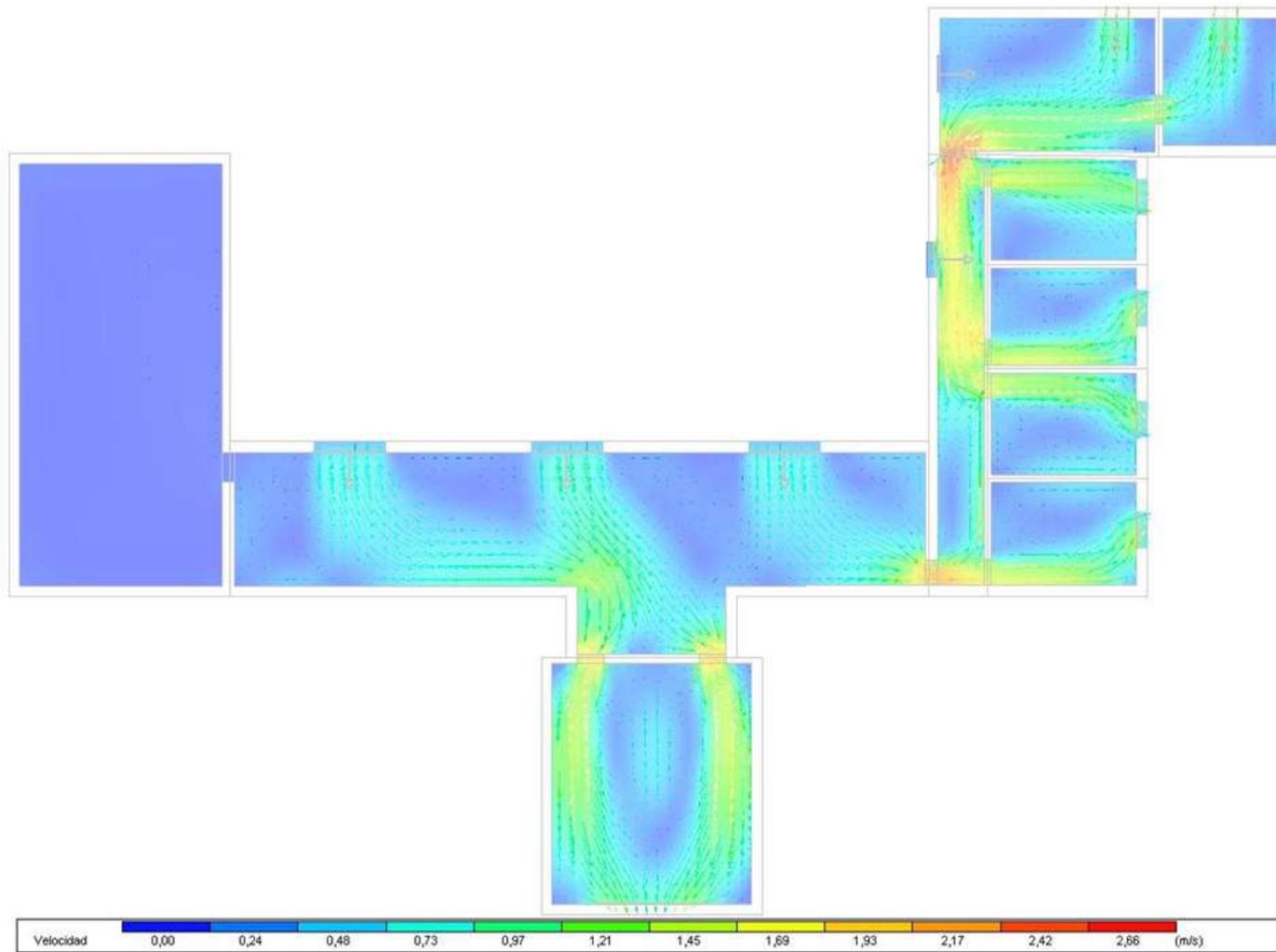


fig. [14] - Planta velocidad y dirección viento

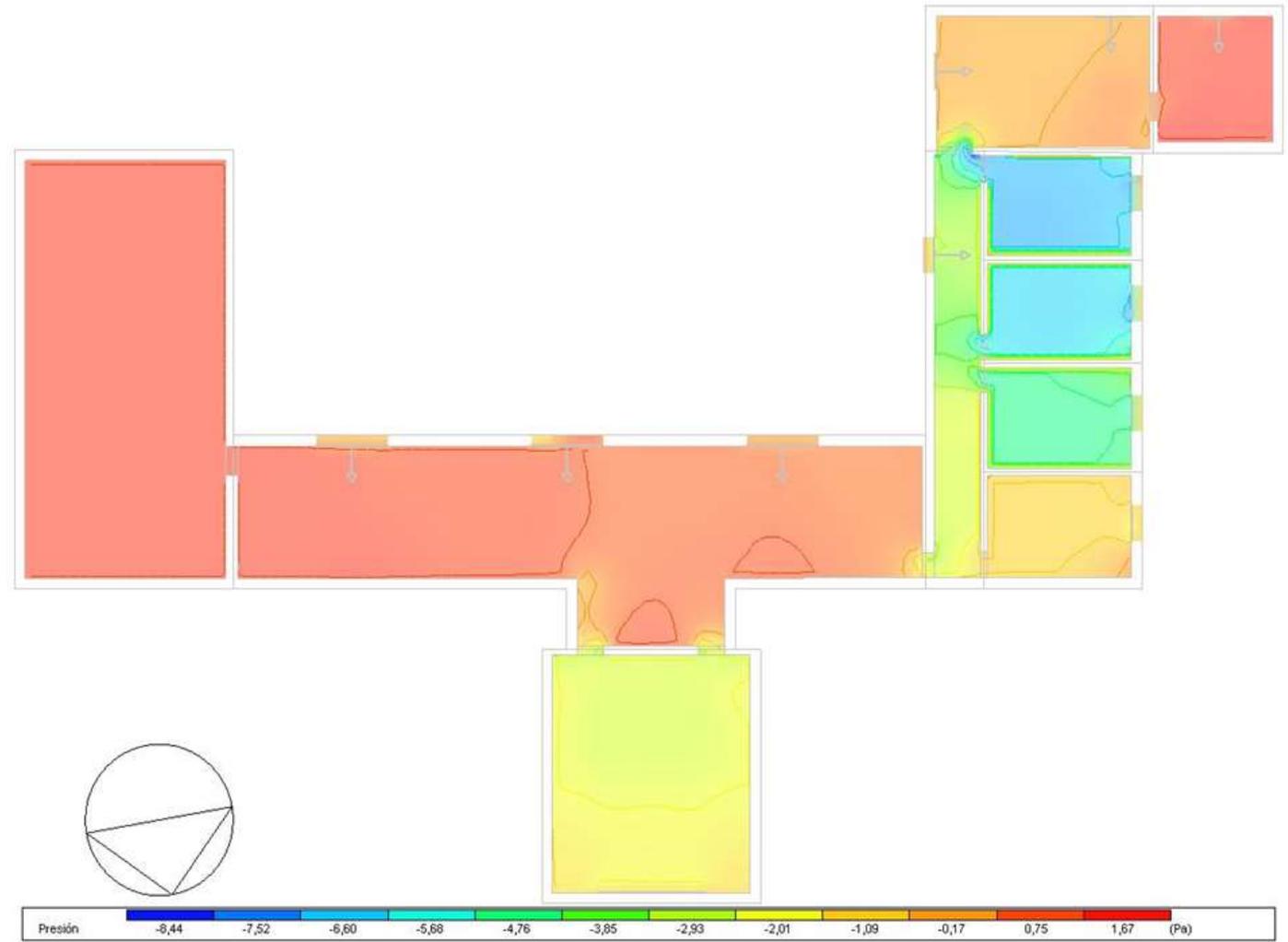
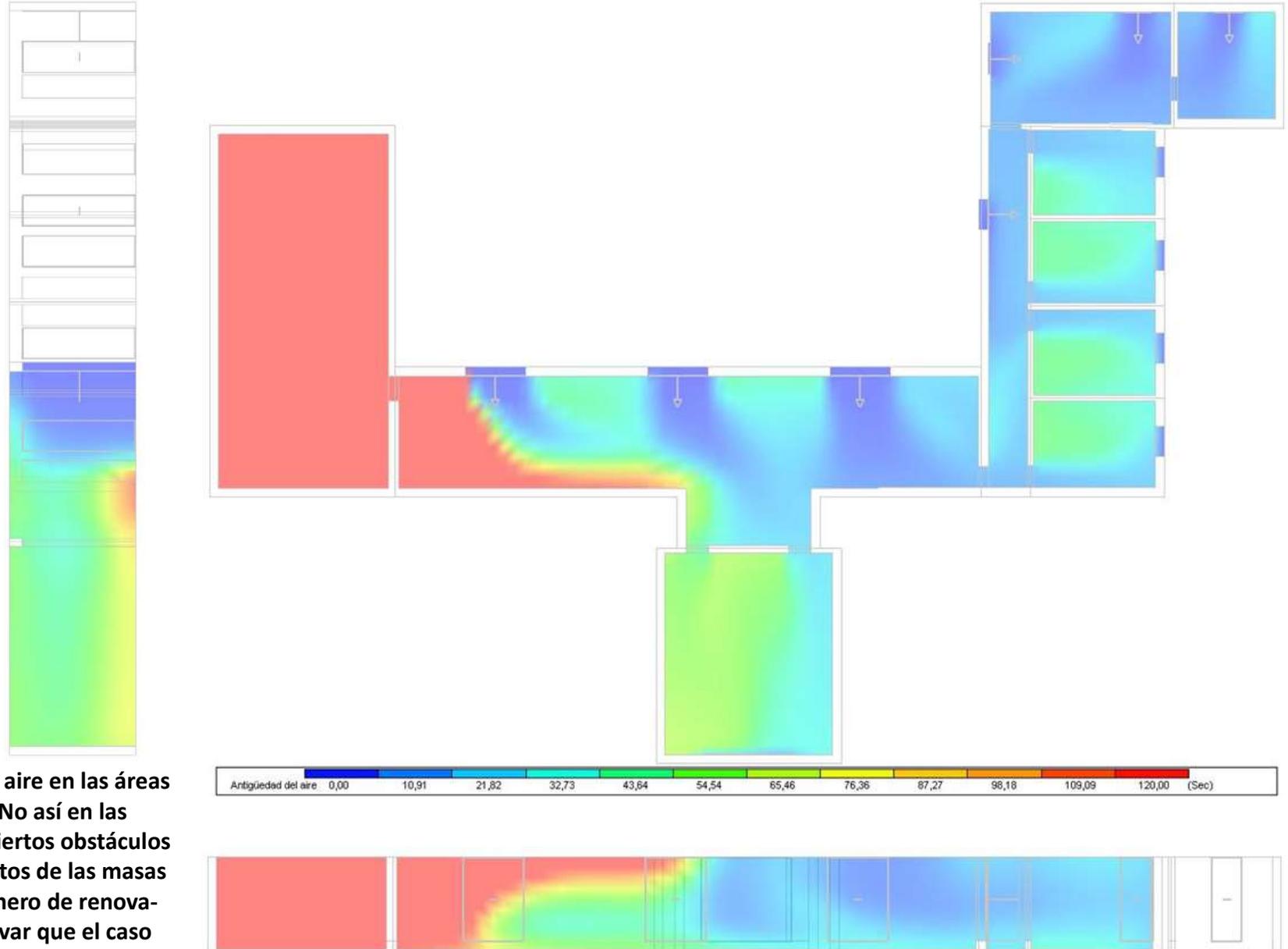


fig. [14] - Planta presiones viento



La uniformidad de renovaciones del aire en las áreas de flujo vemos que son constantes. No así en las zonas en las que se encuentra con ciertos obstáculos en los que se generán embolsamientos de las masas de aire, mostrándose un menor número de renovaciones. En resumen, se puede observar que el caso de estudio tiene una ventilación natural adecuada, su diseño en forma “C” ayuda a reconducir el viento que, sumado la esbeltez de las sección, una ventilación cruzada con capacidad de renovación hora del aire interior suficiente para garantizar unas adecuadas condiciones de confort térmico.

fig. [14] - Planta, alzado y perfil de las renovaciones del aire

5.2.- Demanda Energética

5.2.1.- Caso Sin Ventilar

A. Resumen Cálculo

Con los resultados obtenidos podemos apreciar como la Demanda de Calefacción en la zona de día alcanza los 81 kWh/m² x año debido a la gran superficie que se debe calefactar, así como la zona de noche demanda algo menos de 54 kWh/m² x año. Esta gran demanda se debe a la falta de aislantes que puedan retener el calor interno.

En cuanto a la demanda de refrigeración, es bastante baja necesitando sobre los 10kWh/m² x año en cada zona. Debido a la climatología de la zona y las estrategias empleadas en la apertura de huecos.

B. Resultados Mensuales

Balance Energético Anual del Edificio se muestra en la siguiente gráfica de barras muestra el balance energético mes a mes, contabilizando la energía perdida o ganada a través de los elementos envolventes (Q_{op}), por el intercambio de aire (Q_{ve+inf}) y las ganancias por la ocupación (Q_{ocup}) y la iluminación (Q_{ilum}). Así como el aporte necesario de calefacción (Q_h) y refrigeración (Q_c) para conseguir el confort térmico.

| Zonas habitables | S_v (m ²) | D_{cal} (kWh/año) | D_{cal} (kWh/m ² ·año) | D_{ref} (kWh/año) | D_{ref} (kWh/m ² ·año) |
|------------------|----------------------------|------------------------|--|------------------------|--|
| dia | 100.48 | 8220.12 | 81.81 | 1067.39 | 10.62 |
| noche | 89.57 | 4837.36 | 54.01 | 840.99 | 9.39 |
| Zona común | 14.52 | 936.68 | 64.49 | 160.85 | 11.07 |
| | 204.58 | 13994.16 | 68.41 | 2069.24 | 10.11 |

fig. [15] - Demanda Total

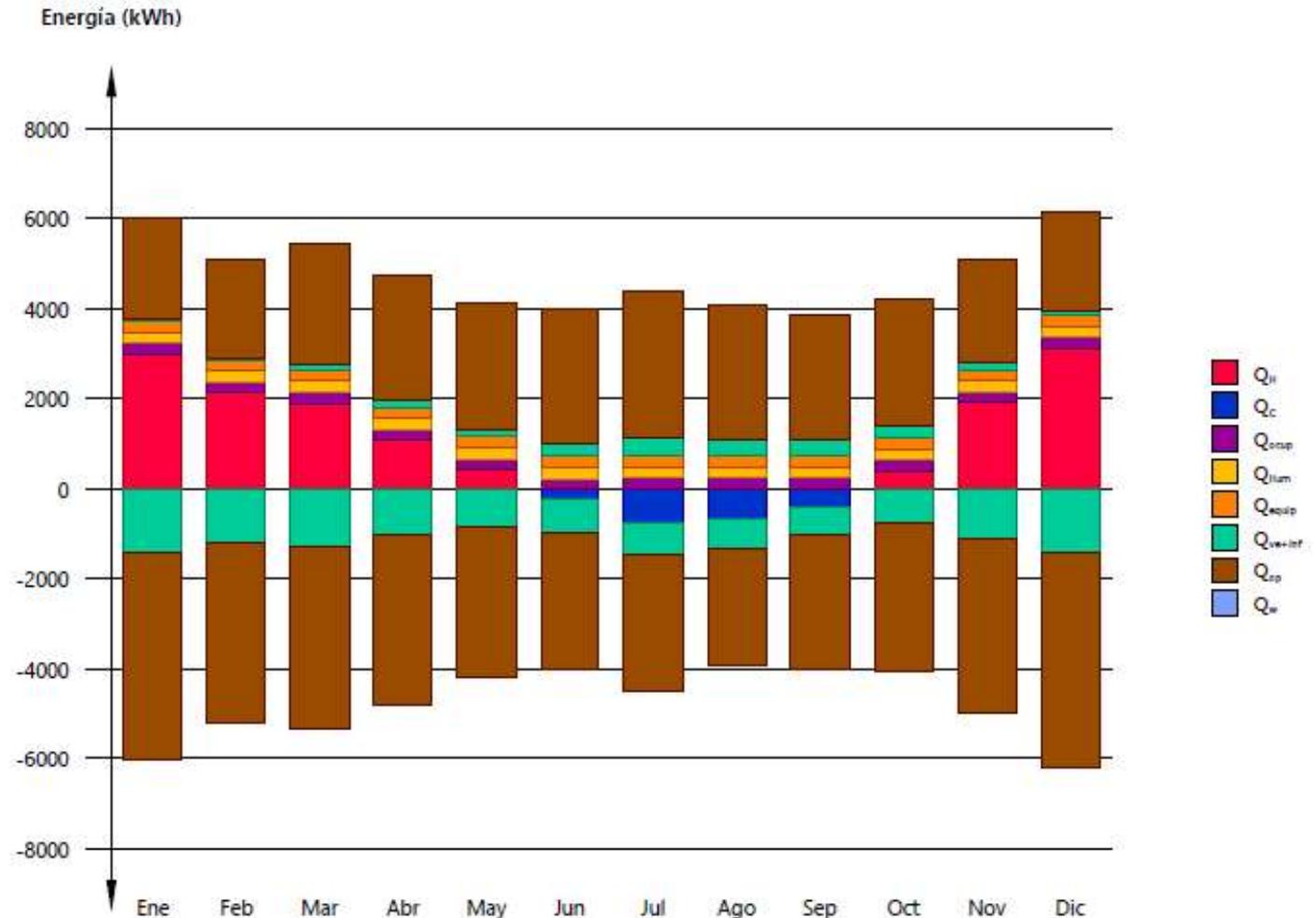


fig. [15] - Balance energético

Como hemos comentado anteriormente, la falta de materiales aislantes debido al año de construcción del proyecto hace que el intercambio de energía por los paramentos envolventes tenga una relevancia importante. Aunque sin obviar el importante aporte de calor que necesitará en invierno la vivienda o la pérdida de energía que supone el poco hermetismo de la vivienda, reflejado en su constante intercambio de aire y las infiltraciones.

A raíz de los datos obtenidos en el apartado anterior, en esta gráfica mostramos tanto la demanda energética de calefacción como la de refrigeración necesarias para cumplir con los parámetros establecidos.

Podemos apreciar en el siguiente gráfico, debido a conforme está proyectada la casa y su clima suave, que una tercera parte de los meses demandará menos de 500 kWh por mes.

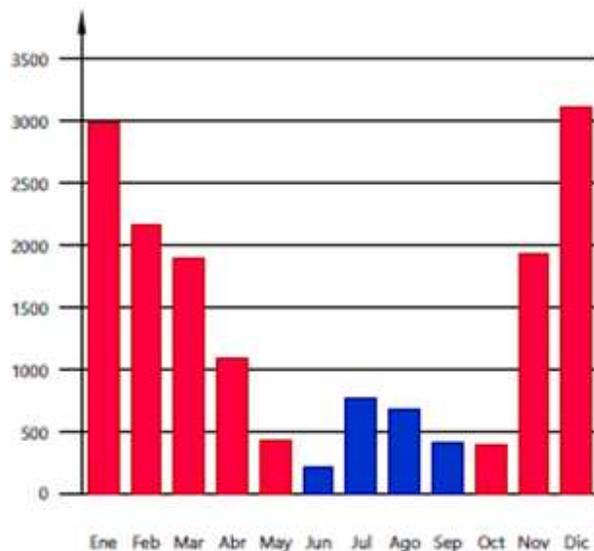


fig. [15] - Demanda por meses

A continuación, se muestra la evolución de las temperaturas a lo largo del año, en las zonas modelizadas, indicando en color rojo las temperaturas máximas de cada día, las azules corresponden a las más frías, la intermedia que separa las franjas indica las medias y por último la verde independiente muestra la temperatura exterior.

También observamos que ciertos días de verano puntuales, hay momentos pico que rebasan los 30 grados.

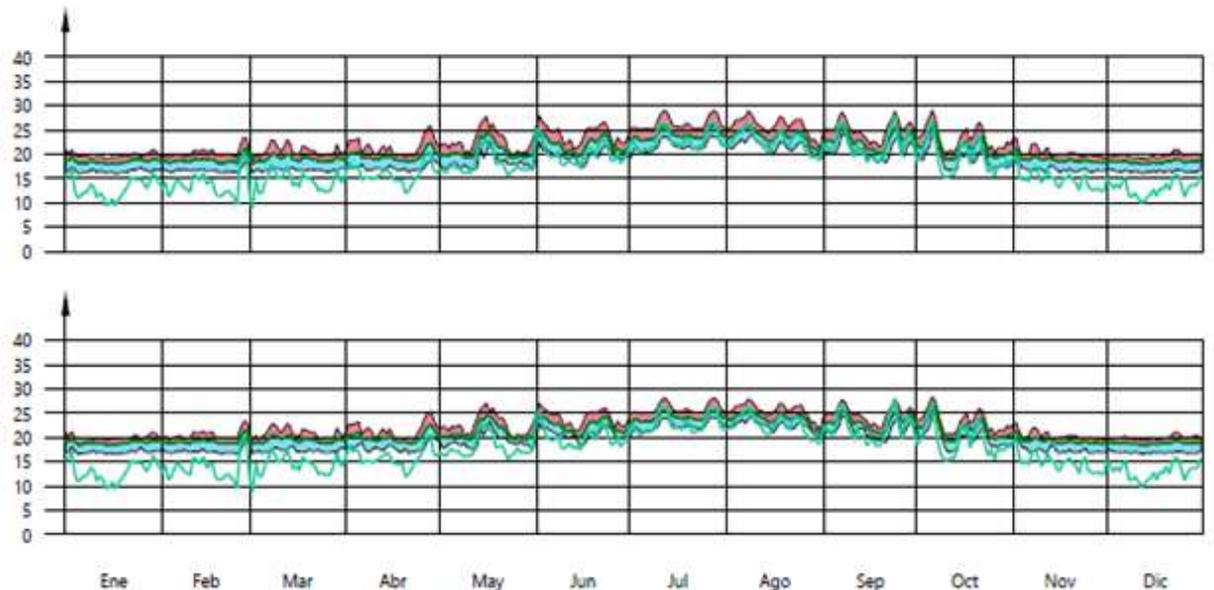


fig. [15] - Temperaturas anuales zona día y noche respectivamente

C. MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO

En las agrupaciones de recintos en este apartado se muestra las características de cada espacio que compone el proyecto, apreciando como en el espacio principal que es el espacio que contiene el salón, comedor y cocina, con unas 67 renovaciones la hora, obtendrá las ganancias de cargas sensibles por ocupación (1380 kWh), por los equipos presentes (1450 kWh) y la iluminación (1450 kWh), todo ello a lo largo del año. Activándose los equipos de climatización una vez se encuentre la temperatura o bien por debajo de los 19°C o por encima de los 27°C. Mientras que por ejemplo en la estancia de la habitación principal las fuentes principales de ganancias serían las mismas, variando su valor, ocupación (470 kWh), equipamientos (500 kWh) e iluminación (500 kWh).

5.2.2.- Caso Ventilado

A. Resumen Cálculo

Con los resultados obtenidos podemos apreciar como la Demanda de Calefacción en la casa alcanza los 68 kWh/m² x año, con lo cual podemos apreciar que son prácticamente los mismos datos, debido a que para reducir la demanda de energía en invierno se aplican otros recursos.

Pero donde si se notan efectivos estos recursos es en cuanto a la demanda de refrigeración, pasando de los 10 kWh/m² x año a un valor de 1,11 kWh/m² x año. Demostrando así que, gracias a un buen empleo de la ventilación natural, para esta zona, se puede conseguir reducir su demanda de energía a prácticamente cero.

B. Resultados Mensuales

El Balance Energético Anual del Edificio se muestra en la siguiente gráfica de barras mes a mes, contabilizando la energía perdida o ganada a través de los elementos envolventes (Q_{op}), por el intercambio del aire (Q_{ve+inf}) y las ganancias por la ocupación (Q_{ocup}) y la iluminación (Q_{lum}). Así como el aporte necesario de calefacción (Q_h) y refrigeración (Q_c) para conseguir el confort térmico.

| Zonas habitables | S_v (m ²) | D_{tot} (kWh/año) | D_{tot} (kWh/m ² ·año) | D_{tot} (kWh/año) | D_{tot} (kWh/m ² ·año) |
|------------------|----------------------------|------------------------|--|------------------------|--|
| día | 100.48 | 8223.75 | 81.84 | 142.35 | 1.42 |
| noche | 89.57 | 4839.87 | 54.03 | 64.81 | 0.72 |
| Zona común | 14.52 | 937.21 | 64.53 | 18.92 | 1.30 |
| | 204.58 | 14000.83 | 68.44 | 226.09 | 1.11 |

fig. [15] - Demanda total

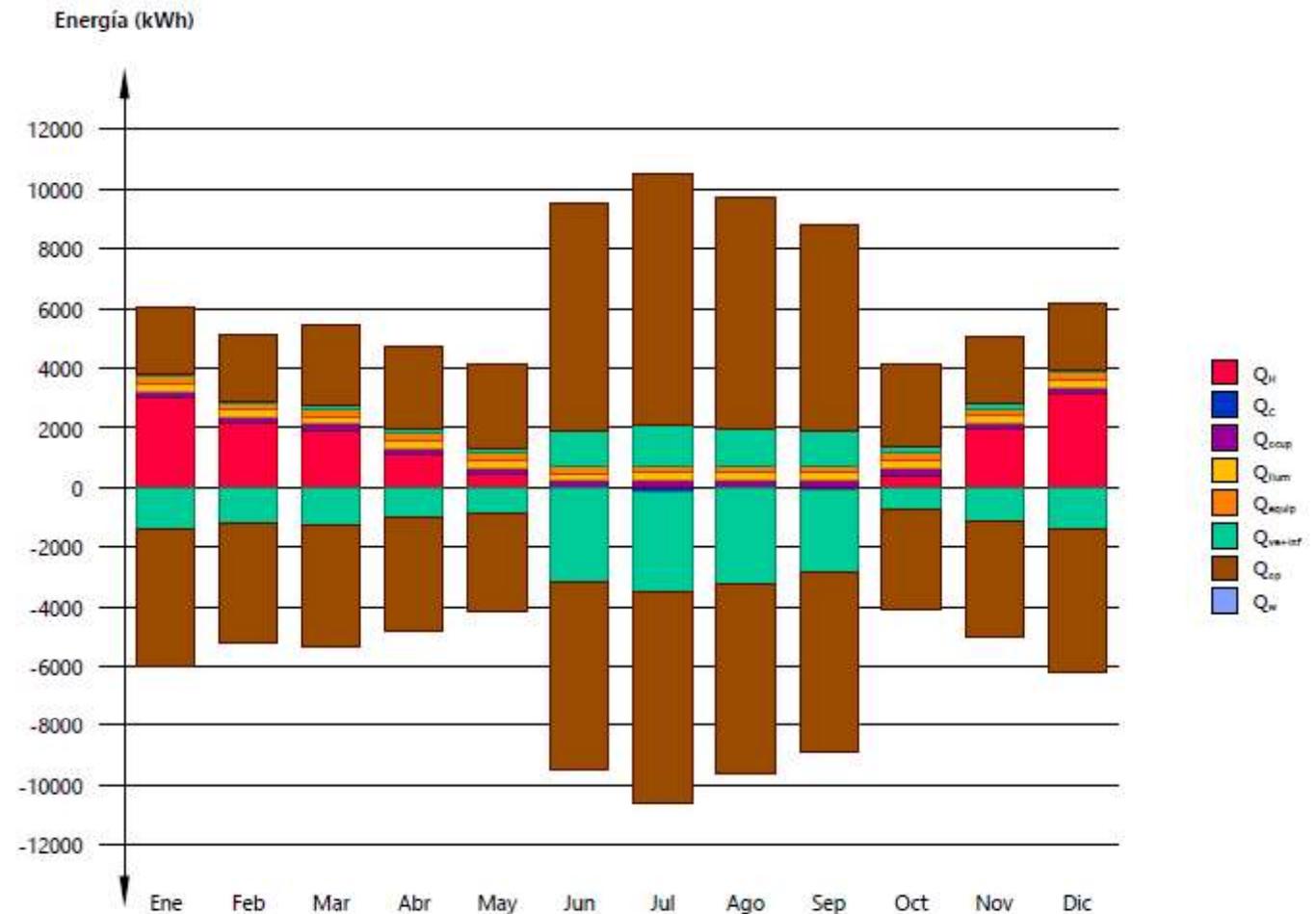


fig. [15] - Balance energético

En este gráfico se aprecia muy bien como en los meses de verano, el gran intercambio de energía que se produce, para estabilizarse, tan sólo depende principalmente de dos factores, la ventilación y el intercambio de energía con sus respectivos paramentos. Esto es debido que, en verano, por la noche para refrigerar la vivienda, la ventilación natural es un factor clave y por el día mientras las temperaturas exteriores excedan las de la casa se intentará reducir este intercambio de aire, porque significará un aporte de calor innecesario.

Eso sí, en invierno para compensar esta pérdida de calor, deberemos de contar con algún recurso para mantener la temperatura confortable dentro del hogar, en este caso se recurriría a la calefacción.

A raíz de los datos obtenidos en el apartado anterior, en esta gráfica mostramos tanto la demanda energética de calefacción como la de refrigeración necesarias para cumplir con los parámetros establecidos.

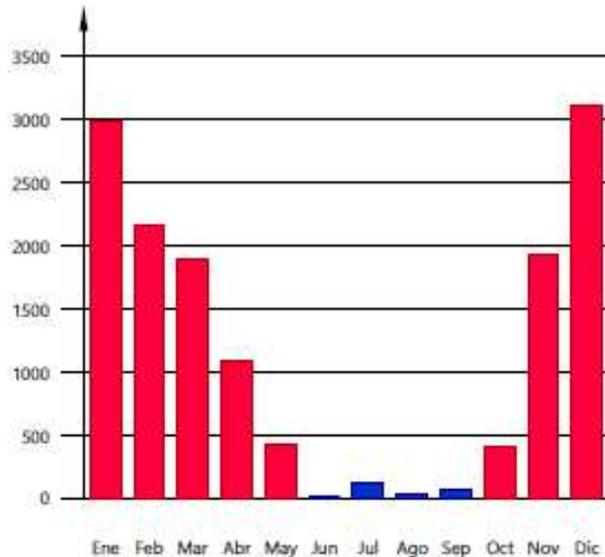


fig. [15] - Demanda por meses

Donde podemos apreciar como la demanda de energía de la casa durante los meses de verano, gracias a la ventilación cruzada, se reduce hasta tener un valor prácticamente insignificante. Y la demanda de calefacción será la misma que hemos visto en el caso anterior.

A continuación, se muestra la evolución de las temperaturas a lo largo del año, en las zonas modelizadas, indicando en color rojo las temperaturas máximas de cada día, las azules corresponden a las más frías, la intermedia que separará las franjas indica las medias y por último la verde independiente muestra la exterior.

Observamos que ciertos días de verano puntuales hay momentos pico que se aproximan a los 30°C en los meses de julio, agosto y septiembre, pero esto no significa que necesariamente suponga no tener confort, debido a la influencia de la velocidad del viento a la hora de conseguir un confort térmico, en el climograma expuesto por Victor Olgyay tiene en cuenta este factor, ya que este parámetro higrotérmico de la velocidad del aire puede variar. Donde nos muestra que a partir de 30°C se puede conseguir una situación de confort, en función de la actividad que estén realizando, que en este caso las velocidades oscilan entre 0,97 y 1,97 m/s. [2]

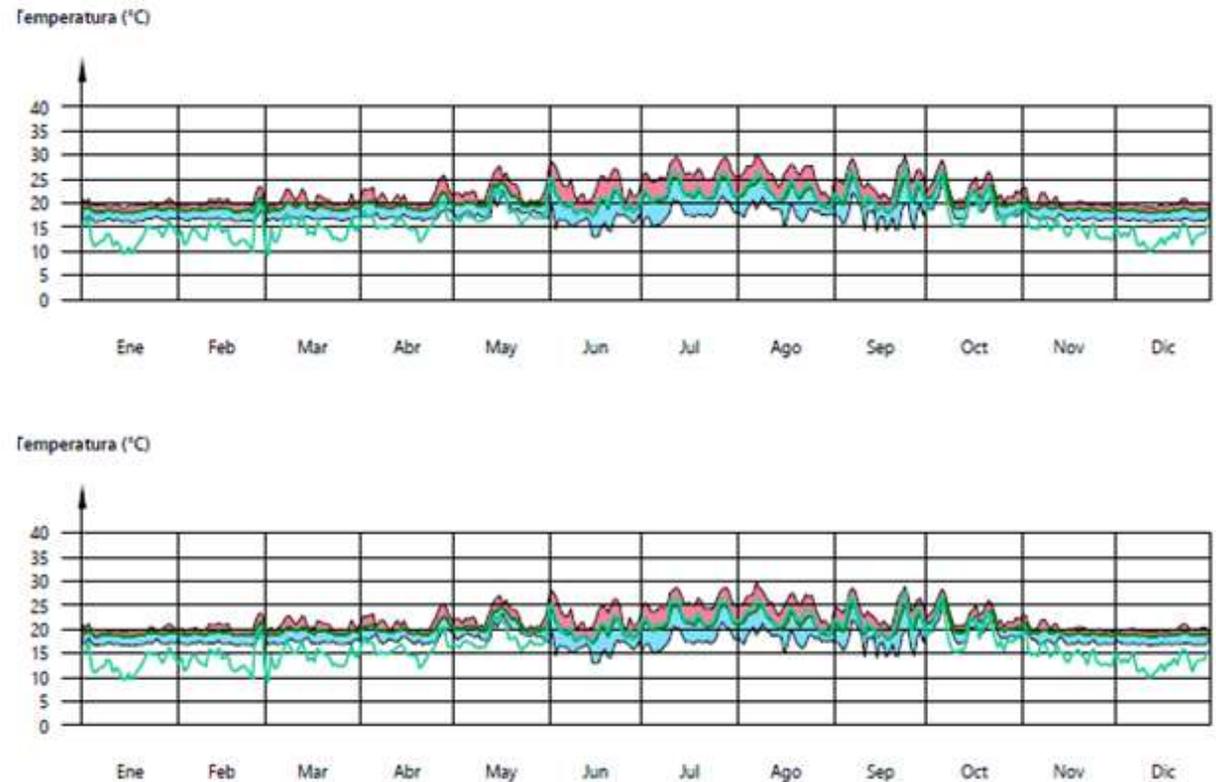


fig. [15] - Temperaturas anuales zona día y noche

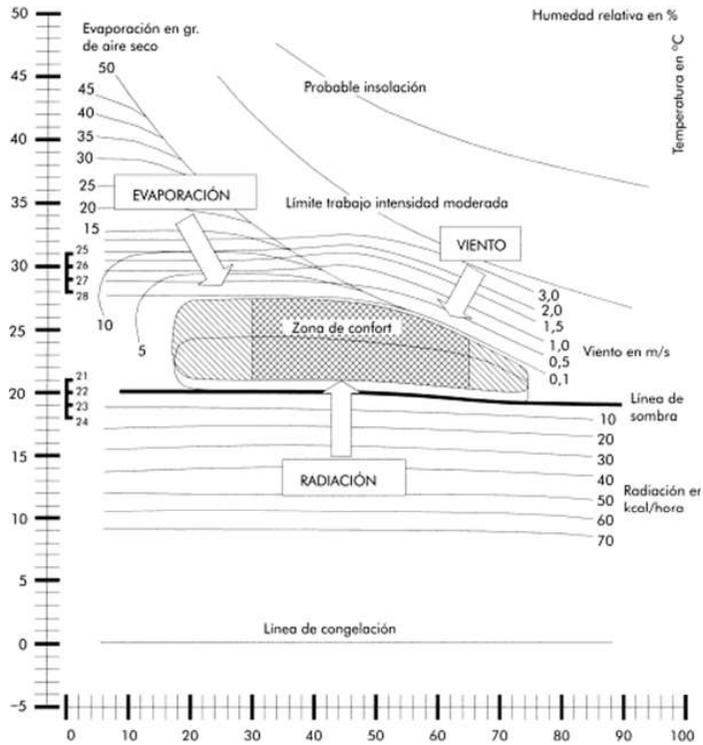


fig. [16] - Climograma Olgay

C. MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO

En este apartado se muestra las características de cada espacio que compone el proyecto, apreciando como en el espacio principal que es el espacio que contiene el salón, comedor y cocina, con unas 67 renovaciones a la hora, obtendrá las ganancias de cargas sensibles por ocupación (1380 kWh), por los equipos presentes (1450 kWh) y la iluminación (1450 kWh), todo ello a lo largo del año. Activándose los equipos de climatización una vez se encuentre la temperatura o bien por debajo de los 19°C o por encima de los 28°C.

Mientras que por ejemplo en la estancia de la habitación principal las fuentes principales de ganancias serían las mismas, variando su valor, ocupación (470 kWh), equipamientos (500 kWh) e iluminación (500 kWh).

6.- Conclusiones

La conclusión principal que podemos obtener derivadas del análisis previo del edificio frente al viento, como se ha podido comprobar, comparando los resultados entre el método de simulación simplificada (modelo energético sin ventilación natural) y el método acoplado (modelo energético con ventilación natural según el análisis CFD), la implementación de flujos de trabajo acoplado, es decir, modelos de dinámicas de fluido computacional y modelos energéticos, es que ayuda a garantizar unos resultados energéticos más acordes con la realidad y los objetivos de diseño bioclimático. Además, otras conclusiones secundarias serían las siguientes:

A.- La vivienda cuenta con un diseño adecuado para la favorecer la ventilación natural.

- La disposición de la casa liberando un gran núcleo central y distribuyéndose alrededor de este volcando las fachadas principales prácticamente perpendiculares a sur favorece la captación de viento dada su situación geográfica.
- Las aberturas están bien proporcionadas con unas aberturas que captan el viento necesario, sin generar corrientes excesivas.
- La esbeltez de la sección en el caso de estudio hace que en la mayoría de casos los flujos internos funcionen correctamente sin que hayan estancamientos excesivos.
- Por el contrario, el ala de las habitaciones podría estar mejor diseñado, tratando de evitar quiebros excesivos para mejorar el flujo de las corrientes.

B.- El estudio de los huecos.

- Se aprecia la gran eficiencia de las aberturas perpendiculares a las corrientes respecto a las paralelas, tanto su ubicación como dimensiones.

C.- Adaptabilidad al entorno.

- Dada la buena ubicación, viendo que los vientos son practicamente perpendiculares a la fachada principal, en la norte podría tratarse para insertar alguna abertura para dar continuidad a su flujo natural, optimizando sus renovaciones.

D.- Ventilación Cruzada.

- Para prevenir que se genere grandes bolsas de estancamiento, es muy importante en una estancia posea dos salidas ventiladas que se encuentren en distintas orientaciones.

E.- Controlar el aire exterior que entra en la vivienda.

- Aunque sea verano, ello no indica que necesitamos entrada de aire constantemente para tener una buena ventilación, es vital identificar que franjas horarias la temperatura del aire nos convendrá que entre a la casa y cuales no. Debido a que algunas pueden significar un aporte de calor no deseable.

F.- Adaptarse al clima.

- Se puede potenciar mucho la ventilación natural debido al clima suave que presenta la zona y la frecuencia de vientos sin que estos tengan unas temperaturas que causen molestia.

G.- Flexibilidad temperatura confort.

- Tras el estudio se aprecia que no nos podemos ceñir a que con una temperatura superior a 28°C deja de haber confort térmico si no implementamos ninguna estrategia, debido a que en función de la actividad que se realice y, en este caso, la velocidad del propio viento, con temperaturas mayores se puede llegar a alcanzar el confort igualmente.

7.- Bibliografía (textos)

[1] Elisabeth Smith (2014). Case Study Houses. Colonia. Taschen

[2] Victor Olgyay (2008). Arquitectura y Clima. Editorial GG

[3] David López Cabia (2018). Crisis del petróleo de 1973. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/crisis-del-petroleo-1973.html>

[4] David Travers (1945). CSH announcement. Arts and Architecture. http://www.artsandarchitecture.com/case.houses/pdf01/csh_announcement.pdf

[5] Lilly Cao. (2021). ¿Cómo se usaron los materiales en las CSH? Plataforma Arquitectura. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/961930/como-se-usaron-los-materiales-en-las-case-study-houses>

[6] Fabian Dejtar. (2019). Vivienda moderna económica de fácil construcción: Lecciones de CSH. Plataforma Arquitectura. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/913163/vivienda-moderna-economica-de-facil-construccion-lecciones-de-case-study-houses>

[7] Alejandro Hernández Gálvez (2020). El Hombre Llamado Craig Ellwood. Arquine. <https://www.arquine.com/el-hombre-llamado-craig-ellwood/>

[8] Anónimo. Casa Hoffman / Case Study House 17. Wikiarquitectura. <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/casa-hoffman-case-study-house-no17/>

[9] Teonna Jovanni Radevski. Study House n.17 Construction Documents. Issuu. https://issuu.com/teonnajovdesign/docs/radevski_final_booklet

[10] Anónimo. El Clima y Tiempo en Beverly Hills. Weather Spark. <https://es.weatherspark.com/y/1682/Clima-promedio-en-Beverly-Hills-California-Estados- Unidos-durante-todo-el-a%C3%B1o>

[11] Paul Duginski (2019). ¿Qué hace que los vientos de Santa Ana soplen en el sur de California? Los Ángeles Times. <https://www.latimes.com/california/story/2019-10-09/what-makes-the-santa-ana-winds-blow>

[12] Pedro Hernández (2014). Diagrama Bioclimático de Givoni. Arquitectura Eficiente. <https://pedrojhernandez.com/2014/03/03/diagrama-bioclimatico-de-givoni-2/>

7.- Bibliografía (gráfica)

figura [1] - Interior Case Study House 17. Richrd Langendorf (1955). <https://es-la.facebook.com/742811282459054/photos/craig-ellwood-csh-17-beverly-hills-california-usa-1954-1955-domemitedu/3873698606036957/>

figura [2] - Interior Case Study House 17. Richrd Langendorf (1955). <https://dome.mit.edu/handle/1721.3/130916>

figura [3] - Imagen Craig Ellwood. <https://www.domusweb.it/it/recensioni/2003/03/31/ellwood-dalla-california-alla-toscana.html>

figura [4] - Primer plano Ellwood. https://www.urbipedia.org/hoja/Craig_Ellwood

figura [5] - Captura Climate Consultant. Elaboración Propia.

figura [6] - Captura Excel. Elaboración Propia.

figura [7] - Captura Cype Therm. Elaboración Propia.

figura [8] - Planos. Elaboración Propia.

figura [9] - Exterior Case Study House 17. Richrd Langendorf (1955). <https://dome.mit.edu/handle/1721.3/130918?show=full>

figura [10] - Detalle Constructivo. Elaboración Propia.

figura [11] - Gráficos Climatología Beverly Hills. <https://es.weatherspark.com/y/1682/Clima-promedio-en-Beverly-Hills-California-Estados-Unidos-durante-to-do-el-a%C3%B1o#Sections-Precipitation>

figura [12] - Viento de Santa Ana. NOAA's National Weather Service (2009). https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Santa_ana_winds.jpg

figura [13] - Capturas Climate Consultant. Elaboración Propia.

figura [14] - Capturas DesingBuilder. Elaboración Propia.

figura [15] - Gráficos Informes de Demanda. Elaboración Propia.

figura [16] - Carta de Olgyay. José Fariña Tojo (2015). <https://ecosocialhouse.wordpress.com/2015/04/03/carta-bioclimatica-de-olgyay/>

8.- Agradecimientos

Tras estos seis años intensos de carrera, llega el momento de cerrar una etapa muy bonita, en la que echas la vista atrás y te das cuenta de todo el camino recorrido hasta aquí, un camino que no ha sido fácil, en el que he tenido la suerte de juntarme con gente muy trabajadora, humilde y ambiciosa, hoy toca acordarse de ellos.

Primero de todo a mi familia, y por los que se ya no están, por los que están cada día a mi lado en confiar en mí tanto en las buenas como en las malas, muchísimas gracias. Sin vosotros, hoy en día no sería nadie, gracias por transmitirme esos valores de sacrificio, de luchar por lo que uno quiere y no darse por vencido.

Gracias también a todos los amigos que he conocido a lo largo de mi vida, tanto en Vila-real, Valencia como en Roma, aunque nos separe la distancia, me habéis ayudado en todo y más, gracias a vosotros he madurado como persona y tengo más claros los objetivos de a dónde quiero llegar en mi vida y de disfrutar del proceso.

Y, por último, a mis tutores Ignacio y Fernando, por dedicarme todo su tiempo cuando lo he necesitado y ser tan profesionales, no podría haber tenido más suerte.