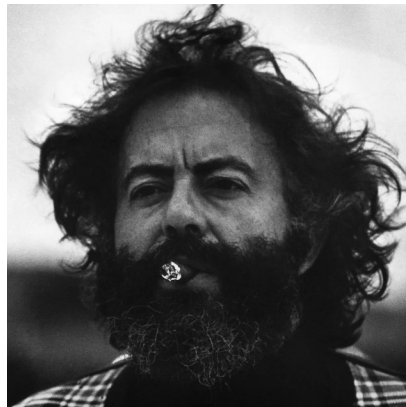


# CONSERVACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE VIVIENDAS ENERGÉTICAMENTE OBSOLETAS

ANÁLISIS CONSTRUCTIVO-ENERGÉTICO DE 3 VIVIENDAS DE FERNANDO HIGUERAS



TRABAJO DE FIN DE GRADO  
ALBERTO BOLAÑOS BAÑALES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA



TRABAJO FIN DE GRADO

**Alberto Bolaños Bañales**

*Conservación y Actualización de Viviendas Energéticamente  
Obsoletas.*

CONSERVACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE VIVIENDAS ENERGÉTICAMENTE OBSOLETAS  
ANÁLISIS CONSTRUCTIVO-ENERGÉTICO DE 3 VIVIENDAS DE FERNANDO HIGUERAS.

*Estudiante*

Alberto Bolaños Bañales

*Tutora*

Soledad García Morales

Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas.

*Aula TFG 2*

Francisco Javier Neila González, *coordinador*.

Emilia Román López, *adjunta*.

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

Universidad Politécnica de Madrid

Enero 2023

# ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

Objetivos

Metodología

1. CASOS DE ESTUDIO

1.1. CASA CÉSAR MANRIQUE

1.1.1. Introducción

1.1.2. Análisis y adaptación de planos históricos

1.1.3. Interpretación de imágenes

1.2. CASA LUCIO MUÑOZ

1.2.1. Introducción

1.2.2. Análisis y adaptación de planos históricos

1.2.3. Interpretación de imágenes

1.3. CASA SANTONJA

1.3.1. Introducción

1.3.2. Análisis y adaptación de planos históricos

1.3.3. Interpretación de imágenes

2. ESTUDIO ENERGÉTICO COMPARATIVO DE LAS 3 VIVIENDAS

2.1. INTRODUCCIÓN

2.2. COMPARACIÓN CONSTRUCTIVA DE LA ENVOLVENTE ORIGINAL Y  
PROPUESTAS DE MEJORA

2.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CE<sub>3</sub>X

2.3.1. Análisis de datos

2.3.2. Resultados de CE<sub>3</sub>X

2.3.3. Medidas de mejora

CONCLUSIONES

FUENTES

Bibliografía y recursos digitales

Procedencia de las lustraciones



# RESUMEN

Esta investigación pretende entender el comportamiento energético de 3 viviendas unifamiliares del arquitecto madrileño Fernando Higuera, a través de un análisis constructivo y estructural previo, organizado en dos puntos complementarios:

- Análisis y adaptación de planos históricos originales de Fernando Higuera, en el que se reinterpretan decisiones constructivas que definen su arquitectura y que concluye con el modelado tridimensional constructivo de las viviendas.

- Interpretación de fotografías para entender la materialidad de los elementos constructivos que definen las viviendas en busca de puntos conflictivos.

Con este análisis previo se realiza un estudio energético comparativo de las 3 viviendas mediante el software CE3X, en el que se introducen valores divididos en 4 campos: datos administrativos, datos generales, envolvente térmica (teniendo en cuenta elementos como la cubierta, los muros con sus huecos, los suelos y los puentes térmicos existentes) y por último las instalaciones.

Una vez obtenido el resultado del estudio energético, se plantean una serie de mejoras referidas a los puntos conflictivos encontrados a lo largo de la investigación, con la intención de reacondicionar estas viviendas para su correcta habitabilidad, planteando el reto de respetar en todos los casos las cualidades arquitectónicas que definen a Fernando Higuera.

## PALABRAS CLAVE

· Fernando Higuera · Vivienda Unifamiliar · Arquitectura singular · Análisis Constructivo · Eficiencia Energética · Conservación ·



# INTRODUCCIÓN

El título de esta investigación es Conservación y Actualización de Viviendas Energéticamente Obsoletas.

Quiero desarrollar este Trabajo de Fin de Grado como una investigación con un interés personal a futuro, aprovechando la situación actual en la que se encuentran los pueblos de España y en particular la Sierra de Madrid.

Desde pequeño he pasado una buena parte de mi vida en una antigua casa de Cercedilla y he podido disfrutar y sufrir de sus características en mi propia piel.

Dejando a un lado los motivos personales, existen razones objetivas que han encaminado todo este trabajo de investigación:

- El clima. Tratar de rehabilitar viviendas situadas en las ubicaciones que vamos a trabajar es un auténtico reto, ya que en verano encontramos un clima seco, caluroso y mayormente despejado con un impacto del sol durante el día enorme, mientras que los inviernos son muy fríos, nevados y parcialmente nublados. A lo largo del año según pasan las estaciones tenemos unas temperaturas que varían entre los  $-3^{\circ}\text{C}$  y los  $28^{\circ}\text{C}$ . (Cedar Lake Ventures, 2018)

- El Covid-19. La pandemia que hemos sufrido durante los últimos años nos ha hecho reflexionar sobre la manera en la que habitamos nuestras ciudades, nuestros barrios y nuestros hogares.

“¿Nos llevará el coronavirus de vuelta al pueblo?” Fundación Telefónica. (Canfranc, 2021).

“El doble resurgir de la España rural: la pandemia fomenta la vuelta al campo” Huffpost. (Velasco, 2020)

“Volver a los pueblos, ¿una tendencia de la era post-COVID?” (Fundación Mapfre, 2021)

“La pandemia frenó el éxodo rural en 2020” Red Española de Desarrollo Rural. (Berges, 2022)

Como podemos observar, el resurgir de la vida en el campo es un aspecto que se tiene muy en cuenta hoy en día debido a las circunstancias que estamos viviendo, pero ¿Cómo podemos aprovechar esta oportunidad?

Gran parte de la gente que retorna al campo lo hace a las casas de sus padres o abuelos, las cuales no están acondicionadas energéticamente para poder habitarlas, sobre todo en épocas de invierno donde estos climas son muy agresivos.

Una vez planteados unos puntos básicos de partida, se busca una idea más concreta para acotar y enfocar la investigación.

Fernando Higuera fue un arquitecto madrileño que estudió en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, donde se graduó en el año 1959 y mostró un gran interés por la arquitectura popular y la reinterpretación de los sistemas constructivos tradicionales.

Higuera fue un defensor del vínculo de la naturaleza y la arquitectura, más concretamente de la arquitectura popular, como se refleja en sus propias palabras (citadas en Antúnez, 2019):

“He aprendido mucho de la arquitectura popular anónima, ya que es una infinita fuente de lecciones. Siempre he apreciado en esta la naturalidad, la adecuación, el orden y la funcionalidad, la lógica, la economía, además de la disciplina y la diversidad combinadas y armonizadas en un nivel que difícilmente encuentro en la arquitectura contemporánea.”

En un fragmento del video realizado por Colomo Producciones sobre el arquitecto Fernando Higuera en la Sede del Instituto del Patrimonio Cultural de España publicado por la Fundación Fernando Higuera en 2014 decía lo siguiente:

“Decía Gaudí: Lo original es volver al origen. Digo ¿a sí? Pues voy a ser de un original (...)”

Estas similitudes de pensamiento con las intenciones planteadas para esta investigación van a convertir a Fernando Higuera en el principal protagonista.

Recién graduado de la carrera, en 1961 recibe el Premio Nacional de Arquitectura, y al año siguiente comenzará a construir proyectos de viviendas unifamiliares como las que vamos a analizar en esta investigación.

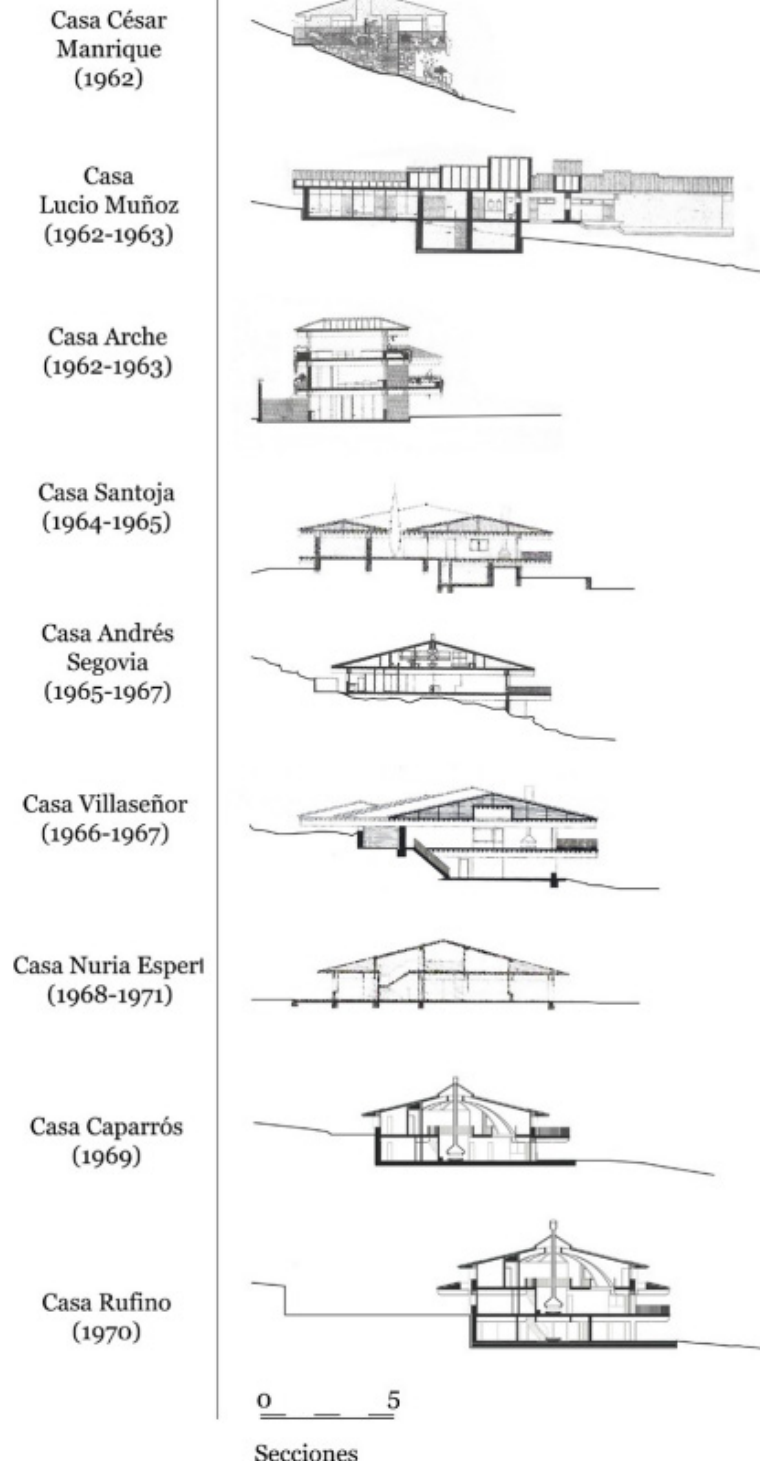


Figura 0.1. Viviendas unifamiliares desde 1962 a 1970, Fernando Higuera y Antonio Miró.

Nota: Reproducida de "El legado olvidado de Fernando Higuera y Antonio Miró: la Casa Rufino Innovación constructiva y adaptación paisajística" (p.5), por E. Mayoral-Campa y J. Navarro-de-Pablos, 2021, Informe de Construcción, 73(564).

De todas las viviendas que Higuera construye durante estos años se van a escoger 3, por su ubicación (todas ellas construidas en Madrid), por su fecha de construcción y por sus características constructivas.

- Casa César Manrique, Camorritos 1962.

Será la primera de todas las viviendas unifamiliares que F.H construirá recién graduado como arquitecto.

El encargo se lo hace su amigo y artista César Manrique.

El sistema estructural de la vivienda se basa en grandes vigas prefabricadas de hormigón apoyadas en muros de piedras existentes en el lugar.



Figura 0.2. Fotografía exterior de la Casa César Manrique, 1962.

- Casa Lucio Muñoz, Torrelodones 1963.

Posterior a la vivienda de César Manrique, F.H recibe el encargo de un matrimonio de artistas que se convertirán en grandes amigos suyos, Lucio Muñoz y Amalia Avia.

El sistema constructivo que plantea tiene como referencia el de la vivienda de César Manrique, pero al tratarse de un programa más grande y ambicioso reinventará algunos conceptos y llevará la estructura su máximo potencial.



Figura 0.3. Fotografía exterior de la Casa Lucio Muñoz, 1962.

- Casa Santonja, Somosaguas 1964.

Siguiendo la línea temporal encontramos este proyecto en el que se observa la experiencia y el conocimiento que F.H ha ido adquiriendo a lo largo de varios proyectos construidos.

Esta vez, aunque utilizando el mismo sistema de vigas y viguetas con los grandes muros de carga de piedra, innovará ejecutándolas en madera, de ahí la intención de analizar esta vivienda.



Figura 0.4. Fotografía interior de la Casa Santonja, 1962.

## OBJETIVOS

- Aprender los sistemas constructivos que Fernando Higuera reinterpretó de la arquitectura popular española mediante las 3 viviendas seleccionadas con la intención de aplicarlos a un futuro profesional próximo.
  
- Comprender el comportamiento energético de las 3 viviendas construidas a mitad de siglo pasado en relación a sus materiales, sistemas constructivos, soluciones técnicas etc.
  
- Localizar y evaluar unos puntos conflictivos concretos que se dan en estas viviendas, con la intención de proponer unas mejoras constructivo-energéticas respetando sus cualidades arquitectónicas.

## METODOLOGÍA

Esta investigación se ha organizado principalmente en 3 puntos, que se expondrán a continuación enumerados según su proceso de análisis. Hay que tener en cuenta que los puntos planteados se han solapado siempre unos con otros, haciéndolos incomprensibles de manera individual:

### **1º : Análisis y adaptación de planos históricos**

El primer punto que se plantea como análisis de esta investigación es la interpretación de planos históricos, los cuales habría sido muy difícil conseguir sin el apoyo en la Tesis Doctoral de Ascensión García Ovies y sin la fundación Fernando Higuera, más concretamente Lola Botia, que planteó la posibilidad de ver copias de los planos originales de Fernando Higuera en el Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

La intención de este punto es entender de manera general las 3 viviendas, con la distribución de sus usos, sistemas estructurales, luces entre vigas, anchos de muro, accesos... y finalmente realizar un modelo constructivo 3D que necesitaremos para el análisis energético.

### **2º Interpretación de Fotografías.**

Este segundo punto que complementa al anterior, propondrá otro método de entender la arquitectura de Higuera, en este caso de manera material, basado en el análisis detallado de fotografías históricas. Se reflejarán ideas que en un principio se diseñan en planos pero finalmente variarán en su ejecución.

Analizados estos puntos y dando por comprendidos los sistemas constructivos que plantea Higuera en las viviendas se concluirá la investigación con el último punto.

### **3º Estudio Energético comparativo de las 3 viviendas.**

Mediante el software CE3X se plantea un estudio energético comparativo de las viviendas analizadas, teniendo en cuenta todos los aspectos constructivos analizados previamente, e interviniendo en algunos elementos considerados puntos conflictivos para proponer unas mejoras en la envolvente térmica y las instalaciones.

Con estas propuestas de mejora se concluirá si la rehabilitación de estas viviendas es factible respetando su definición arquitectónica original, o si por el contrario, intentar adaptarlas a la normativa actual no es viable y se tuvieran que plantear unas soluciones diferentes para la rehabilitación de este tipo de viviendas protegidas.



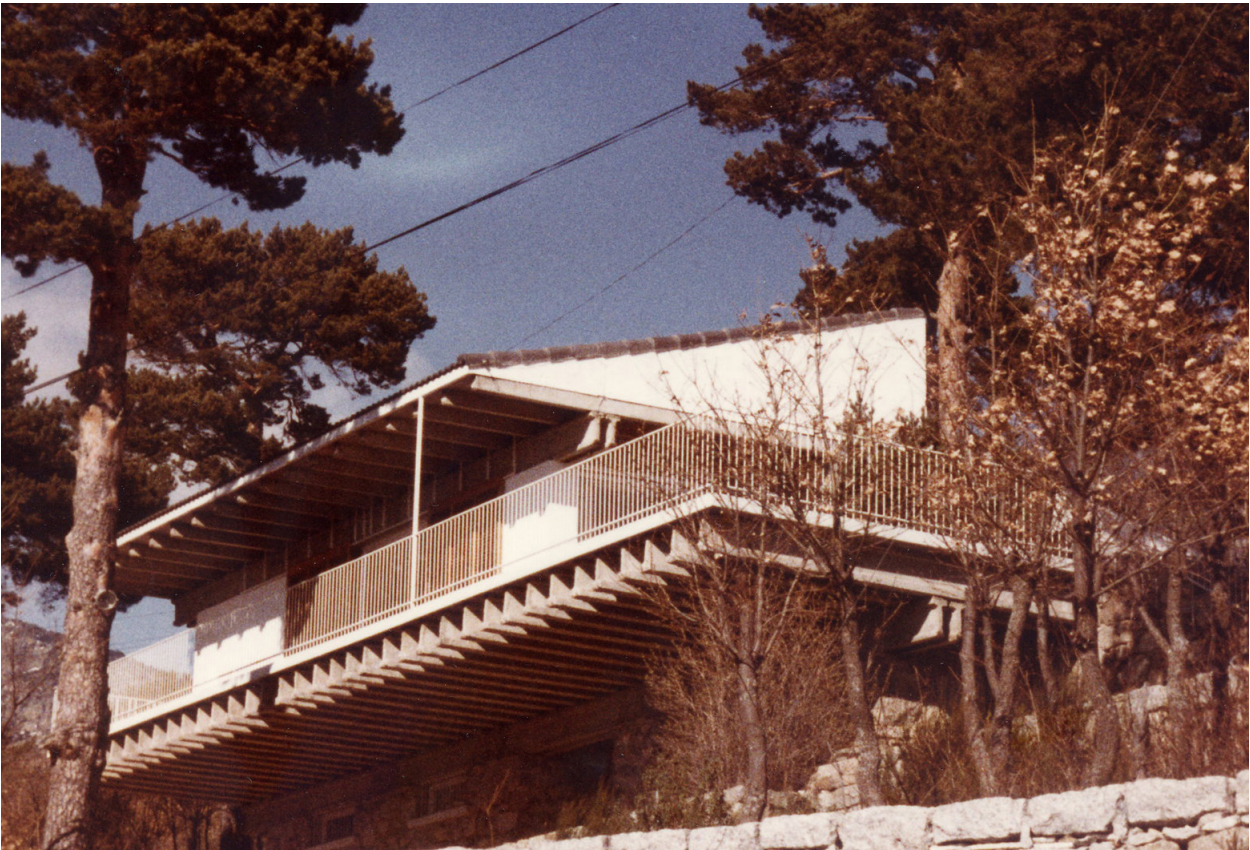


# 1. CASOS DE ESTUDIO

## 1.1. CASA CÉSAR MANRIQUE

## 1.2. CASA LUCIO MUÑOZ

## 1.3. CASA SANTONJA



*Figura 1.1. Fotografía exterior de la Casa para César Manrique construida por el arquitecto Fernando Higueras en 1962.*

### 1.1.1. INTRODUCCIÓN

Fernando Higuera proyecta una vivienda unifamiliar en Camorritos, Cercedilla, en el año 1962.

Higuera afirma (como se cita en Ovies, 2015): “De esta casa partieron todos los invariantes de mi arquitectura y la gran ininterrumpida amistad con este pintor que dio tantas oportunidades de trabajo para ambos”.

Esta vivienda será la primera de todas las que construirá en los 3 próximos años, observándose ya algunos invariantes en su arquitectura que se desarrollan más adelante.

El cliente que le encarga el proyecto es el pintor, escultor y artista español César Manrique.

Este encargo significará un punto de inflexión en la carrera profesional de ambos, como arquitecto y como artista, además de entablar una larga relación amistosa que se verá reflejada en la arquitectura de Higuera.

“(…) desde que se conocen en la década de los años sesenta del pasado siglo, una complicidad cimentada en un posicionamiento vital apasionado, hedonista y comprometido. Apoyados en estos principios ambos desarrollarán una especial sensibilidad hacia el entorno y un claro interés por crear para las personas y no para la crítica.” (Mayoral-Campa & Navarro-de-Pablos, 2022, p.67).

La vivienda se ubica en una parcela con un pronunciado desnivel, donde se reutilizará los materiales de una construcción inacabada, años atrás, para construir la estructura de muros de piedra.

Según la memoria del proyecto escrita por Fernando Higuera (1962) y obtenido del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid: “La cimentación será de hormigón en masa de una altura de 1 m y del ancho indicado en el plano de cimentación continuándose hasta el nivel del piso con muro de 40 cm de mampostería.”

El programa de la vivienda se desarrolla en dos alturas y se organiza según 2 crujías, con 3 muros de carga que soportarán la innovadora estructura de elementos prefabricados, con una terraza exterior en voladizo. (Higuera, 1962)

En Ovies, 2015, se cita un extracto de la descripción realizada por en la revista “Arquitectura”, nº97, en 1967 sobre la vivienda:

“ Situada sobre una acusada pendiente de extendidas vistas, se ha concebido como un balcón en voladizo sobre el que se sitúa la vivienda, aprovechando la cimentación y muros existentes de otra edificación que no se terminó. Los muros de carga son

de piedra, enfoscados y no encalados, y la estructura horizontal de viguetas de hormigón pretensado. La cubierta de teja árabe, tiene aleros por todos los lados.” (p.101)

Para la comprensión de la vivienda, también es interesante destacar la descripción realizada por el mismo Fernando Higuera (citada en Ovies, 2015):

“ Tenía hecha en Camorritos, en una ladera, un cuadrado de piedra de 6 metros por 4. Entonces, para conseguir mayor superficie, tendrías que rellenar y hacer unos muros de contención muy grandes. Entonces, si ya tenemos ese rectángulo, aprovechamos y ponemos dos vigas muy gordas y prolongamos a ambos extremos un tercio del lado mayor, con lo que en ese lado medirá 10 metros, y apoyados en esas vigas potentes y en los muretes, saco unas vigas que vuelan 4 metros, entonces los lados menores pasan a tener de 4 a 8 metros. Así la planta pasó de tener 6x4, 24 metros a 10x8, 80 metros cuadrados, gracias a esta gran terraza volada. Y así, por 275.000 pesetas hice la primera obra de mi vida. Y ya nos hicimos amigos para toda la eternidad. Y a la persona a la que debo más en mi vida es a César Manrique. ” (p. 103).

Esta explicación de Higuera es fundamental para entender su arquitectura y su conocimiento constructivo, y refleja su manera de pensar funcionalista y resolutiva, que será lo que le lleve a ganarse la confianza de sus clientes y tan buenas amistades al construir sus viviendas.

Según se cita en Ovies, 2015, el propietario César Manrique habla de la siguiente manera sobre la vivienda que le encarga a Fernando Higuera:

“Creo que he sido uno de los primeros artistas que ha tenido la suerte de tener una vivienda pensada por FH. Esta vivienda está perfectamente adaptada al medio y siguiendo las esencias más características de la arquitectura popular” (p.95).

Tanto fue uno de los primeros artistas que tuvo una vivienda de Fernando Higuera, que fue el primero de todos.

A raíz de esta vivienda, y como se analiza más adelante, surgirán nuevas ideas y conceptos, fundamentados en esta vivienda como original.

### 1.1.2. ANÁLISIS Y ADAPTACIÓN DE PLANOS HISTÓRICOS

Una vez planteado el contexto general de la vivienda, se procede a continuar su análisis con la metodología propuesta realizando una interpretación de planos históricos.

Para la recolección de planos de referencia ha sido fundamental el apoyo en la Tesis Doctoral realizada por Ascensión García Ovies y en los documentos proporcionados por el Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, que disponen de copias de los planos originales de Fernando Higuera.

En este plano podemos observar la planta baja de la vivienda que corresponde con la planta principal y de acceso a la vivienda.

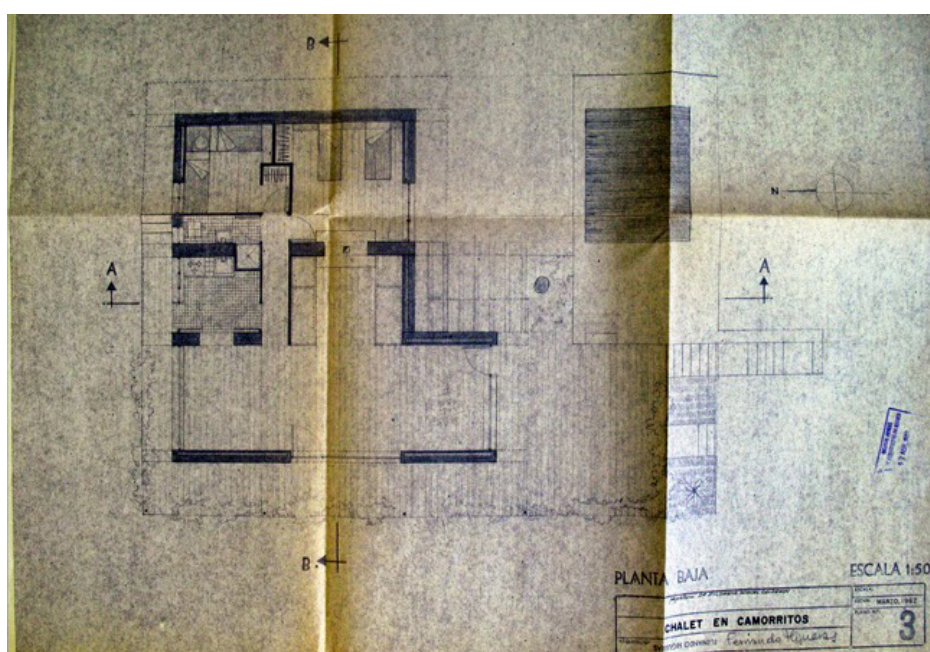


Figura 1.2. Plano Planta Principal de la Casa César Manrique.

Este acceso se realizará gracias a las escaleras que aparecen en proyección a la derecha de la imagen, que salvarán el desnivel que existía en la parcela. Estas escaleras se encuentran con la puerta de acceso, perfectamente alineada y de las mismas dimensiones en ancho. Con estos detalles se empieza a entender la sensibilidad geométrica que poseía Fernando Higuera a la hora de proyectar sus viviendas y sus circulaciones, la cual perfeccionará y llevará al extremo en sus próximas obras.

Una vez dentro de la vivienda, en la planta principal, emerge la sala de estar en forma de T, coronada por una chimenea practicable que sirve tanto al dormitorio principal como al salón, acompañado de dos sofás de pared a ambos lados. Los dos dormitorios cuentan con espacio para dos camas, cada uno, y la cocina y baño están equipados con los elementos mínimos y fundamentales, al tratarse de una segunda residencia en el campo. (Ovies, 2015)

En esta planta también aparece la piscina en la zona de sureste, planteada en esta orientación para disfrutar de ella a mediodía. Alrededor de esta se organiza un porche con un árbol que se hace protagonista de la vivienda, tanto que Higuera la representa en todos sus planos, para entender la relación que tiene con la esta.

El siguiente plano que analizamos es la planta semisótano de la vivienda.

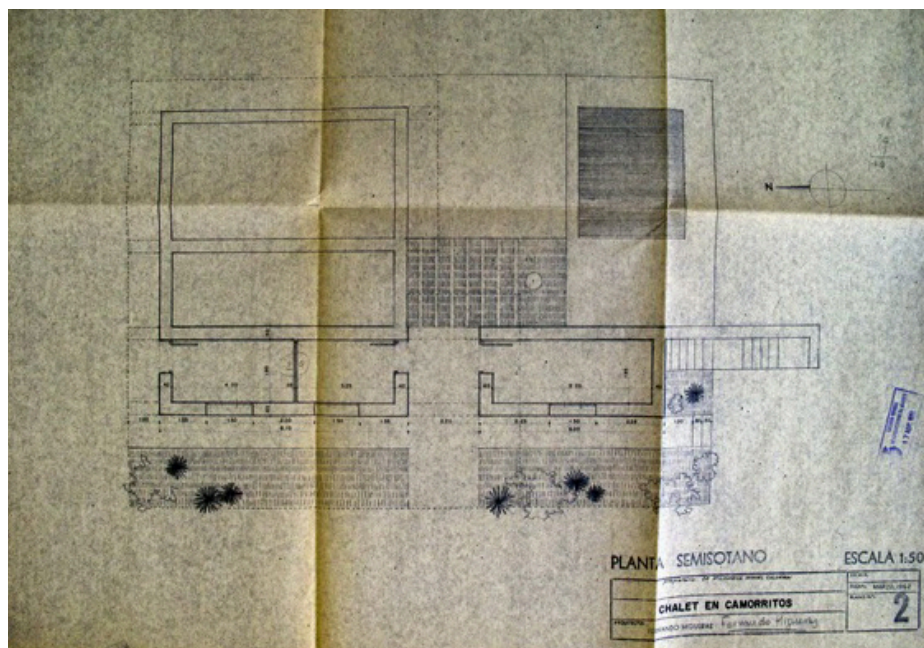


Figura 1.3 Plano Planta Semisótano de la Casa César Manrique.

En la planta semisótano volvemos a encontrar las escaleras nombradas previamente que articulan la circulación de acceso a la vivienda, desde este piso al superior. No existe comunicación entre plantas en el interior de la vivienda, para subir de un nivel a otro es necesario el uso de las escaleras exteriores.

En este nivel se distinguen los muros de cimentación de una construcción previa que no llegó a terminarse, por lo que estas ruinas organizarán las luces de vigas de muro a muro.

En la planta semisótano se distinguen tres crujiás, de las cuales únicamente una de ellas constituirá un espacio habitable, la ubicada a Oeste (la inferior en la figura) mientras que las otras dos no serán ni habitables ni accesibles, como se observará en las siguientes figuras de las secciones de la vivienda.

Se podría suponer el uso de este espacio como almacenaje debido a sus dimensiones y al no tener comunicación directa con la vivienda.

La sección permite observar muchos detalles de la vivienda como, por ejemplo, lo comentado sobre las dos crujiás de la zona Este, cuya única función es estructural pero no organizan ningún espacio accesible en planta sótano. Debido al desnivel, una de ellas apoyará directamente en el terreno y la otra creará un forjado sanitario elevado del terreno.

En este plano, que corresponde con el nº 11 de los originales elaborados por Higuera, se indica mediante unos círculos la existencia de 3 detalles constructivos localizados en el plano nº 12.

No hay constancia de la conservación de este último plano ni el COAM, con las copias que se han revisado para esta investigación, ni en el COAC, que es donde se encuentran los planos originales de Higuera.

Al no haber podido obtener estos detalles originales, se realizará una suposición constructiva de ellos más adelante como conclusión de todos los estudios previos de las viviendas.

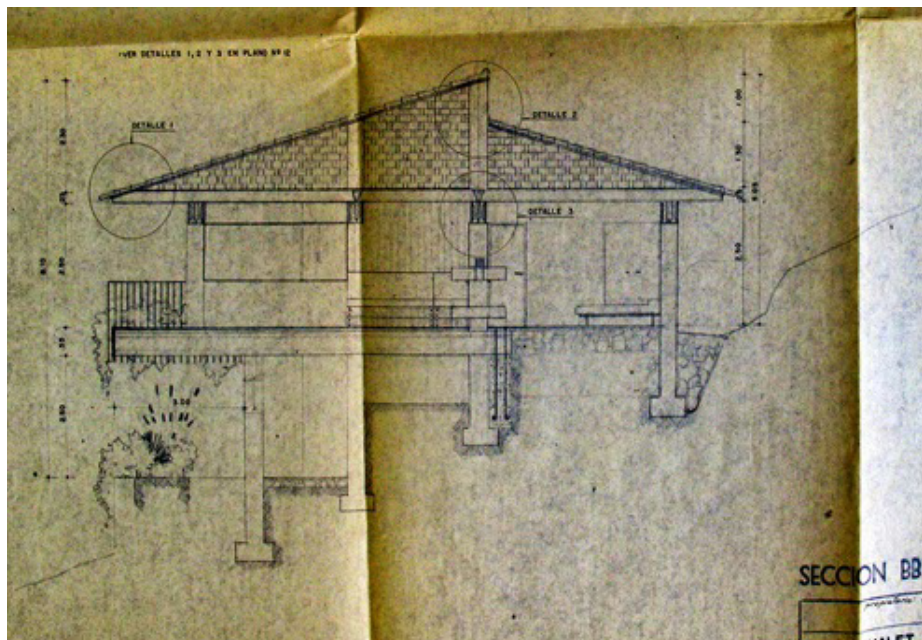


Figura 1.4 Sección constructiva de la Casa César Manrique.

Se puede entender también como la vivienda está completamente adaptada a la topografía, quedando los dormitorios, que se muestran en el extremo derecho de la fotografía, directamente apoyados sobre el terreno, sin necesidad de apoyarse en las grandes vigas de hormigón que abren el voladizo en el extremo opuesto, donde el desnivel es mayor y si existe un espacio accesible.

En el extremo interior de la viga en voladizo encontramos unos tirantes que en un principio fueron una incógnita hasta que se visitó el Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM donde Fernando Higuera nombra en la memoria del proyecto lo siguiente: “ Las vigas de 9 metros irán aneladas con tirantes atados a un zuncho de hormigón para compensar el voladizo”

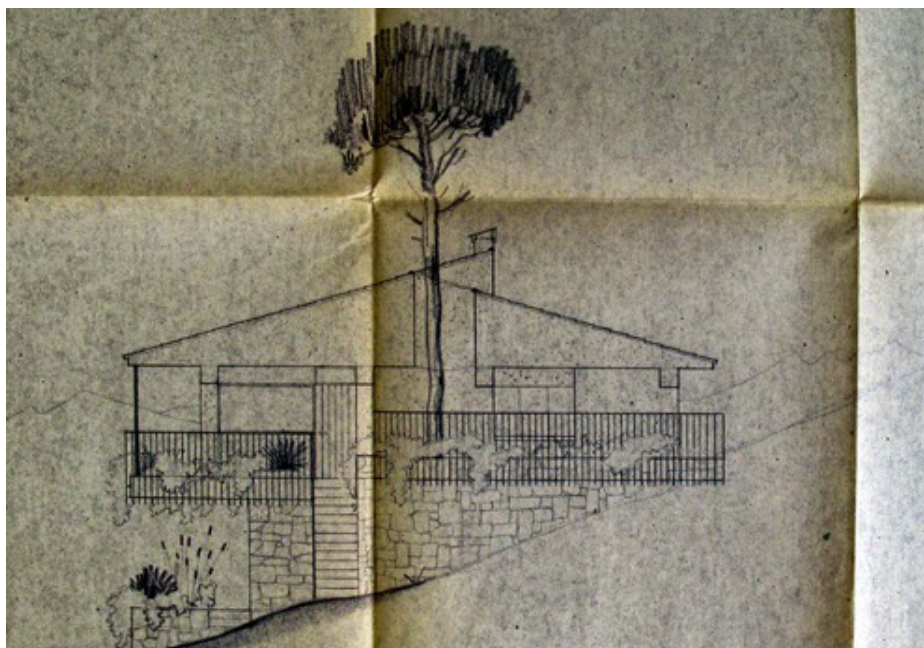


Figura 1.4 1.5 Alzado Sur de la Casa César Manrique.

Tanto en la sección como en el alzado encontramos otro punto fundamental, que es que no existe continuidad estructural en la fachada oeste de la vivienda (a la izquierda en la figura). El muro de la planta semisótano está más retranqueado que la fachada principal de la vivienda que funciona como un gran mirador y que apoyará directamente sobre las vigas prefabricadas en vuelo.

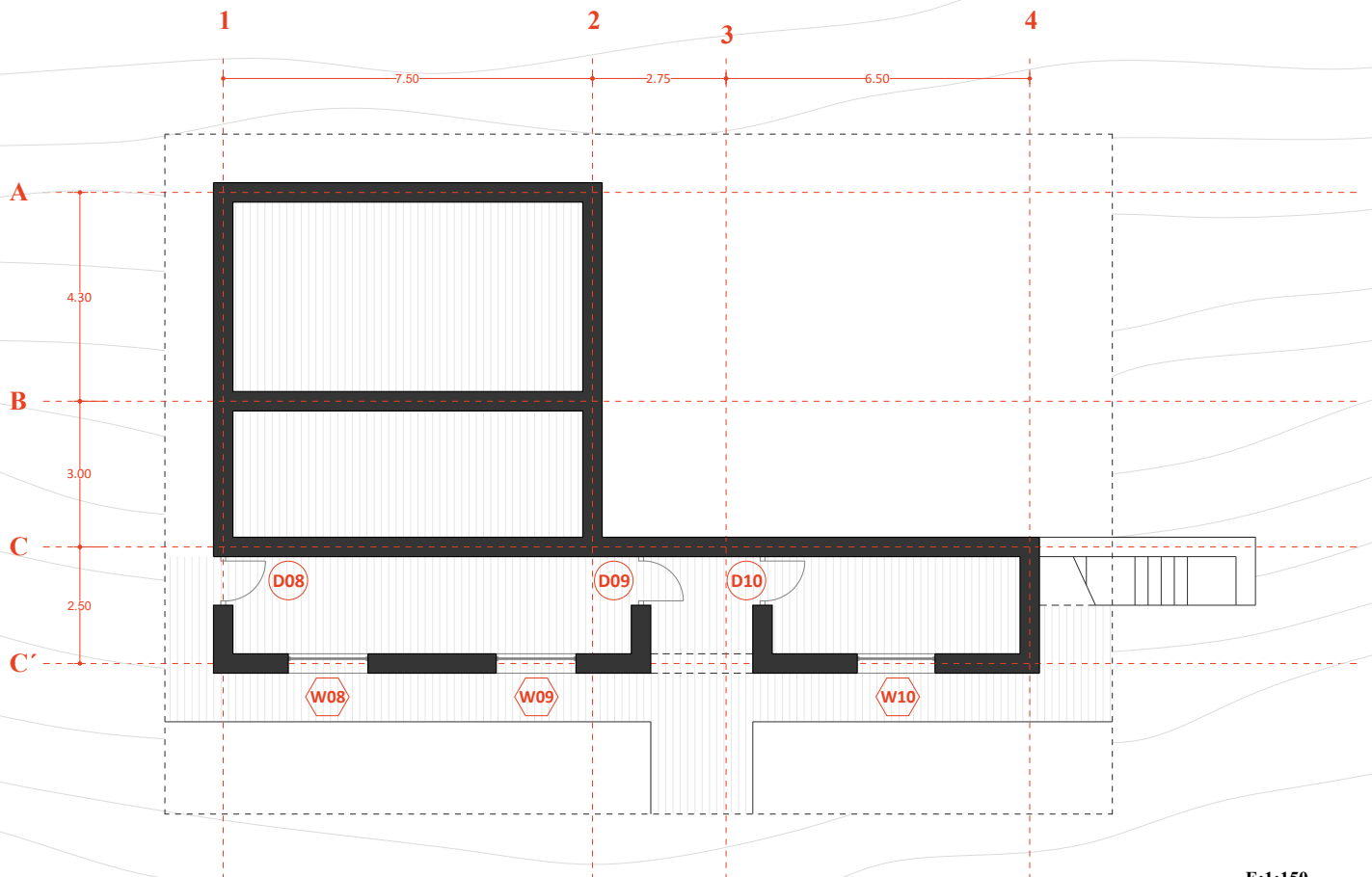
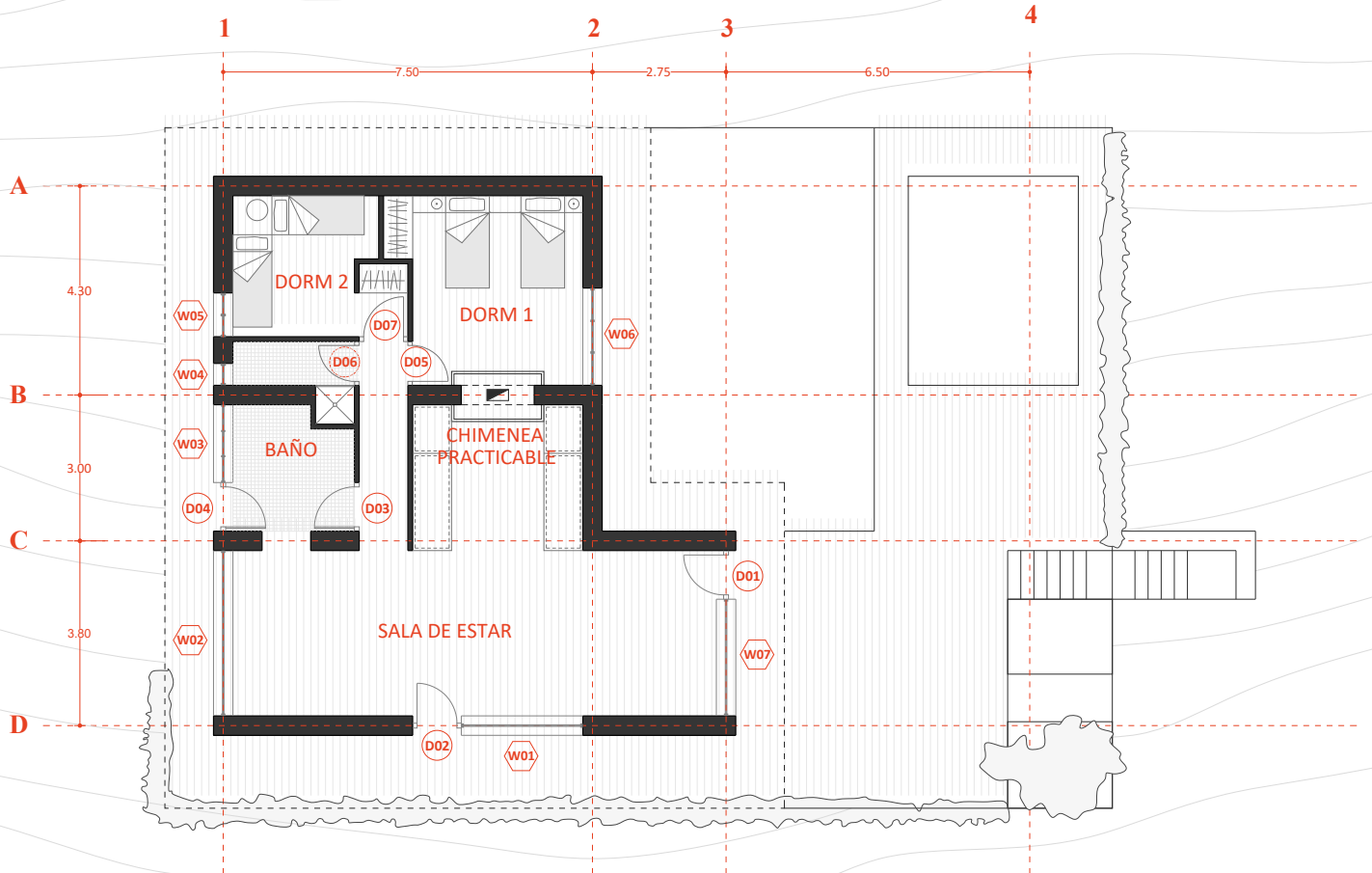
Estas decisiones que plantea Higuera generan puentes térmicos por los forjados los cuales veremos en los siguientes análisis si se pueden solucionar.

La geometría y estructura de la cubierta se encuentra apoyada y en continuidad con los muros que la soportan. Esta cubierta inclinada tiene una pendiente a dos aguas, pero con un peto vertical plano en la intersección de ambas.

La línea del alero, a la izquierda de la figura, define la longitud de vuelo de las vigas prefabricadas de hormigón que soportarán la terraza en la planta de acceso. Este recurso lo utilizará en muchas de sus viviendas unifamiliares, pero es en esta misma donde aparece por primera vez.

En el alzado podemos observar las escaleras ya mencionadas de acceso a la planta principal de vivienda, alineadas geométricamente con la puerta de acceso a la vivienda.

Con relación a la barandilla, observamos en un origen la plantea por el canto de los forjados, aunque finalmente encontrará una solución mejor como observamos a continuación.



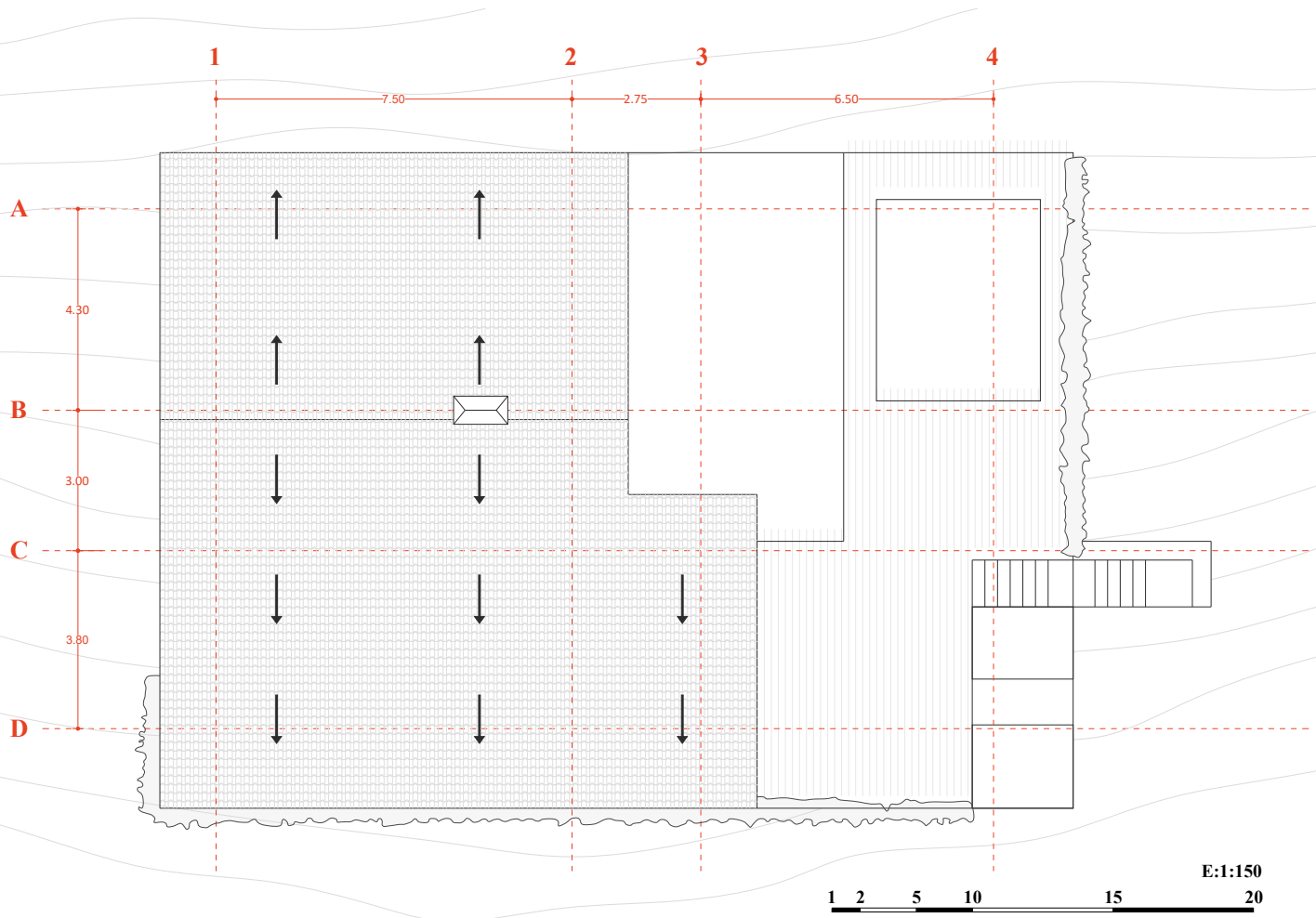


Figura 1.6 Elaboración Propia Planta Principal de la Casa César Manrique.

Figura 1.7 Elaboración Propia Planta Semisótano de la Casa César Manrique.

Figura 1.8 Elaboración Propia planta de cubiertas de la Casa César Manrique.

Interpretación de planta sótano, planta principal y planta de cubiertas.

Al interpretar los planos de Fernando Higuera y construirlos a escala con medidas y secciones que servirán para posteriores análisis y estudios, se encuentran muchos aspectos a destacar, como las proporción de las medidas con las que Higuera suele trabajar, los ejes organizadores del espacio o la continuidad geométrica con la que se organiza todo.

Como se observa ya en los planos escaneados y se confirma con la ejecución de estos, las fachadas oeste no tienen continuidad estructural hasta el encuentro con el terreno sino que la fachada del piso superior apoya sobre las vigas en voladizo.

Todo el desfase perimetral que organiza el porche alrededor de la vivienda está definido por la proyección de la línea del alero (de 1 metro en todas sus caras excepto en la cara este, que se abre a las vistas y es de 1,5 metros).

Las vigas prefabricadas que soportan la cubierta y el forjado intermedio son de secciones distintas y la distancia entre ellas también es variante.

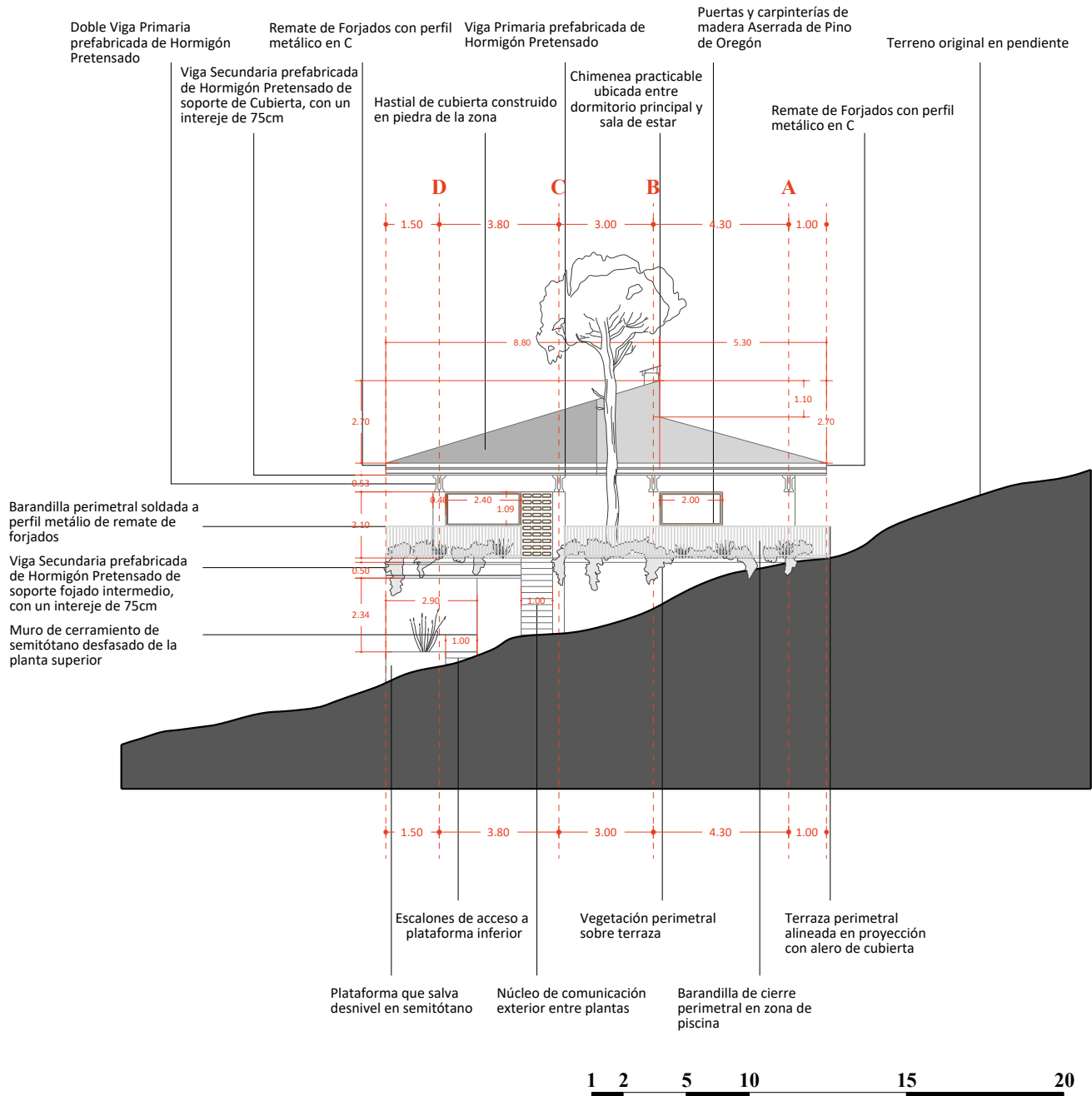


Figura 1.9 Alzado Sur de la Casa César Manrique. Elaboración Propia.



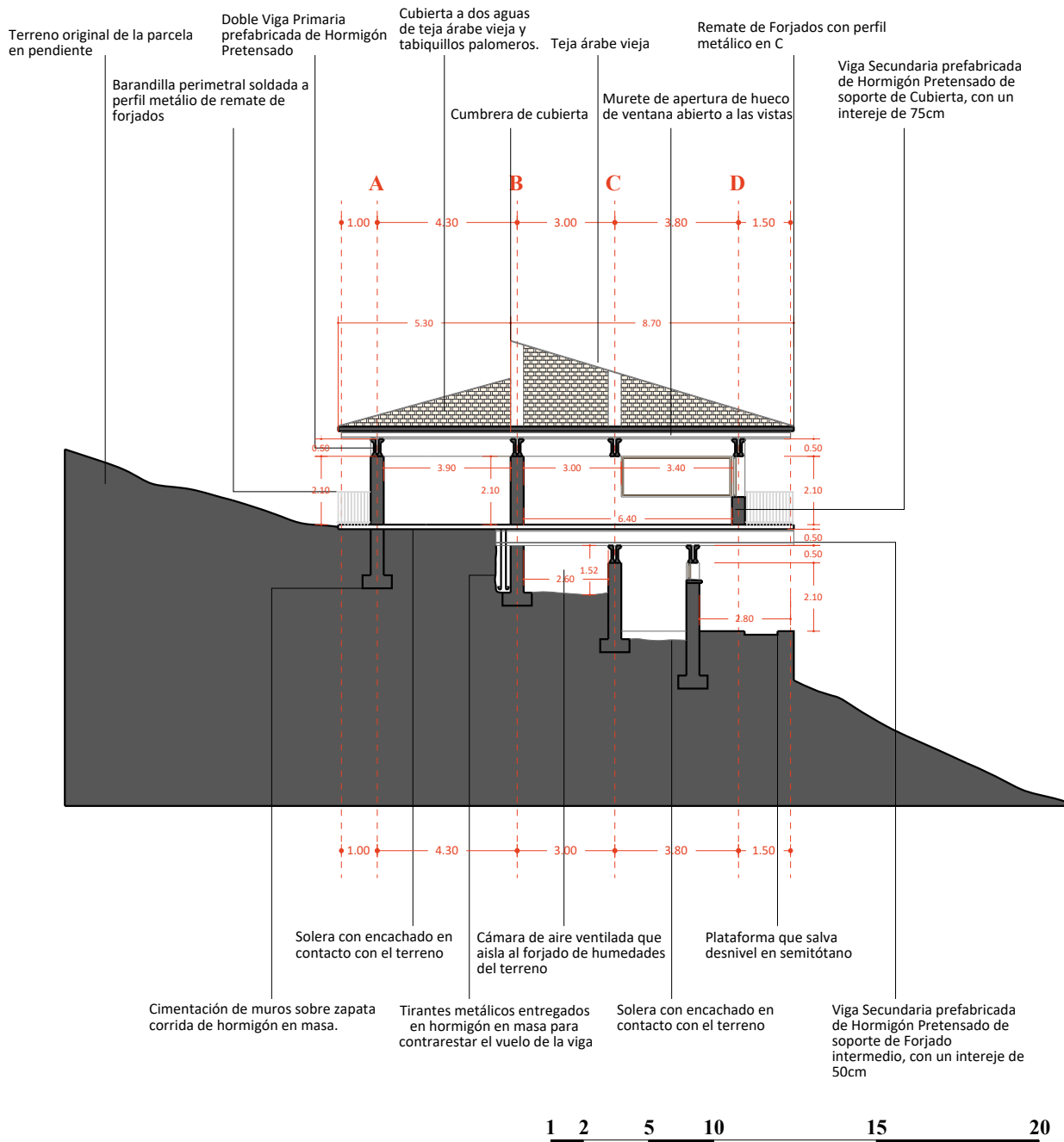
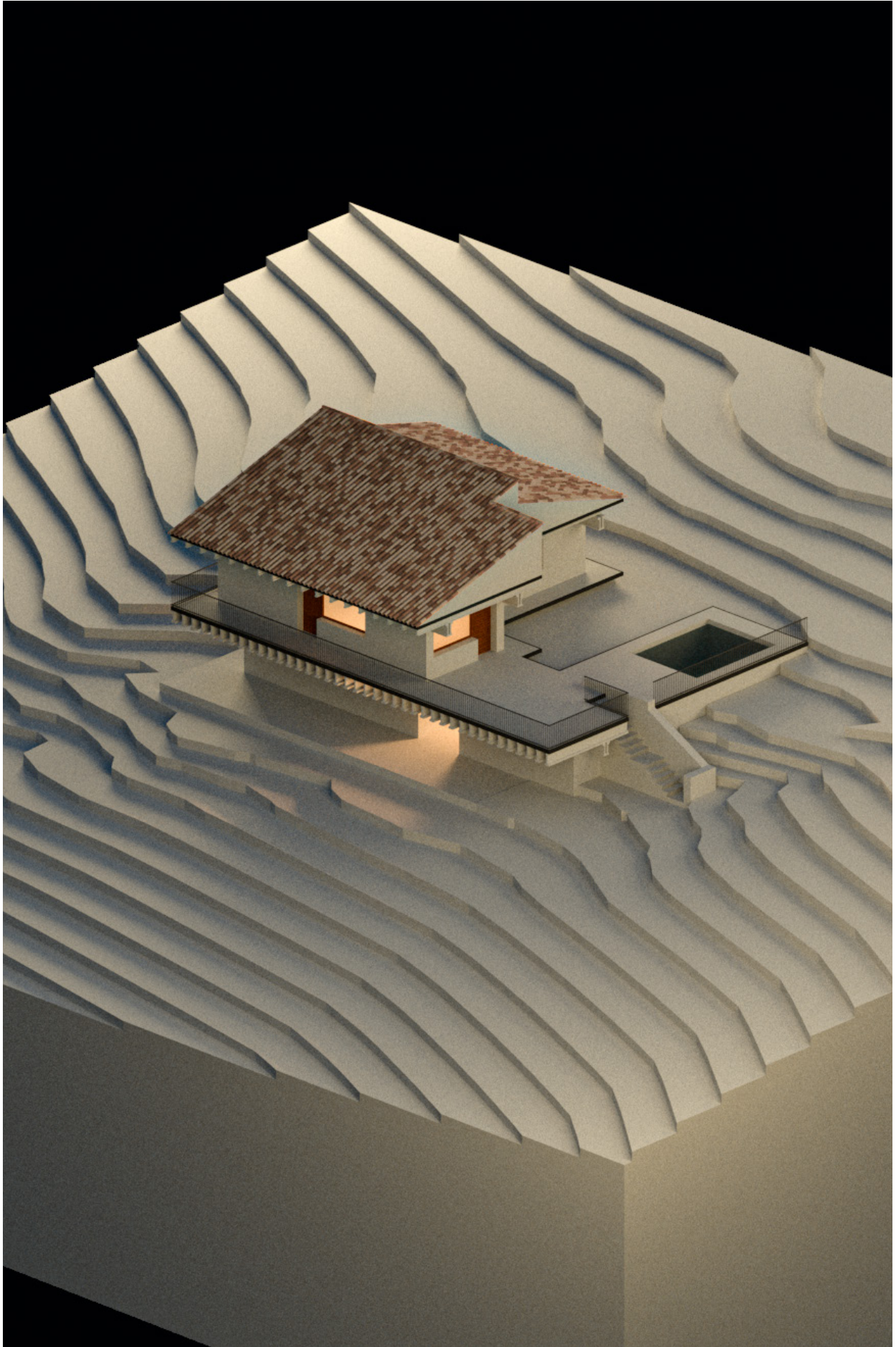


Figura 1.11 Sección Constructiva de la Casa César Manrique. Elaboración Propia.

---

Como síntesis de la reinterpretación de planos se ha ejecutado un modelo tridimensional constructivo de todas las viviendas.

A continuación se muestran unas imágenes del modelo Casa César Manrique.



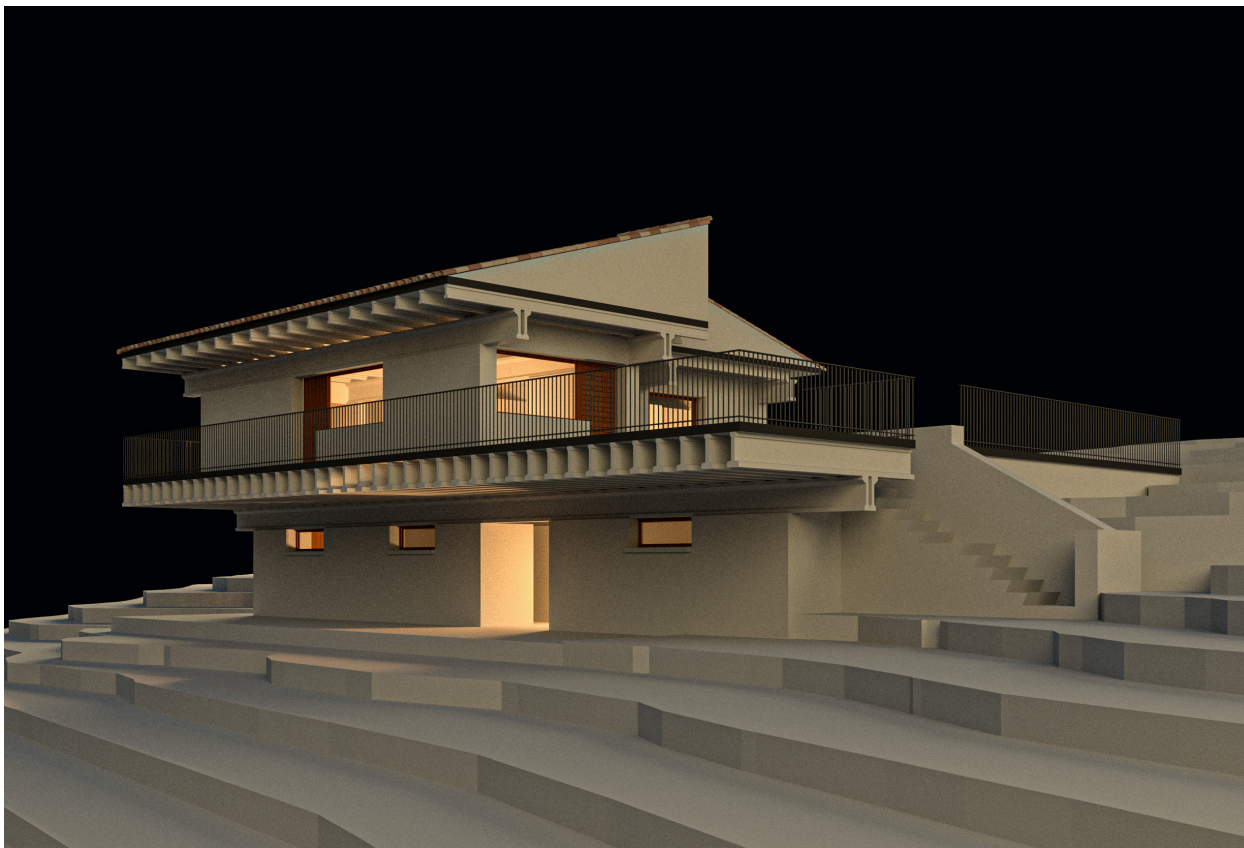
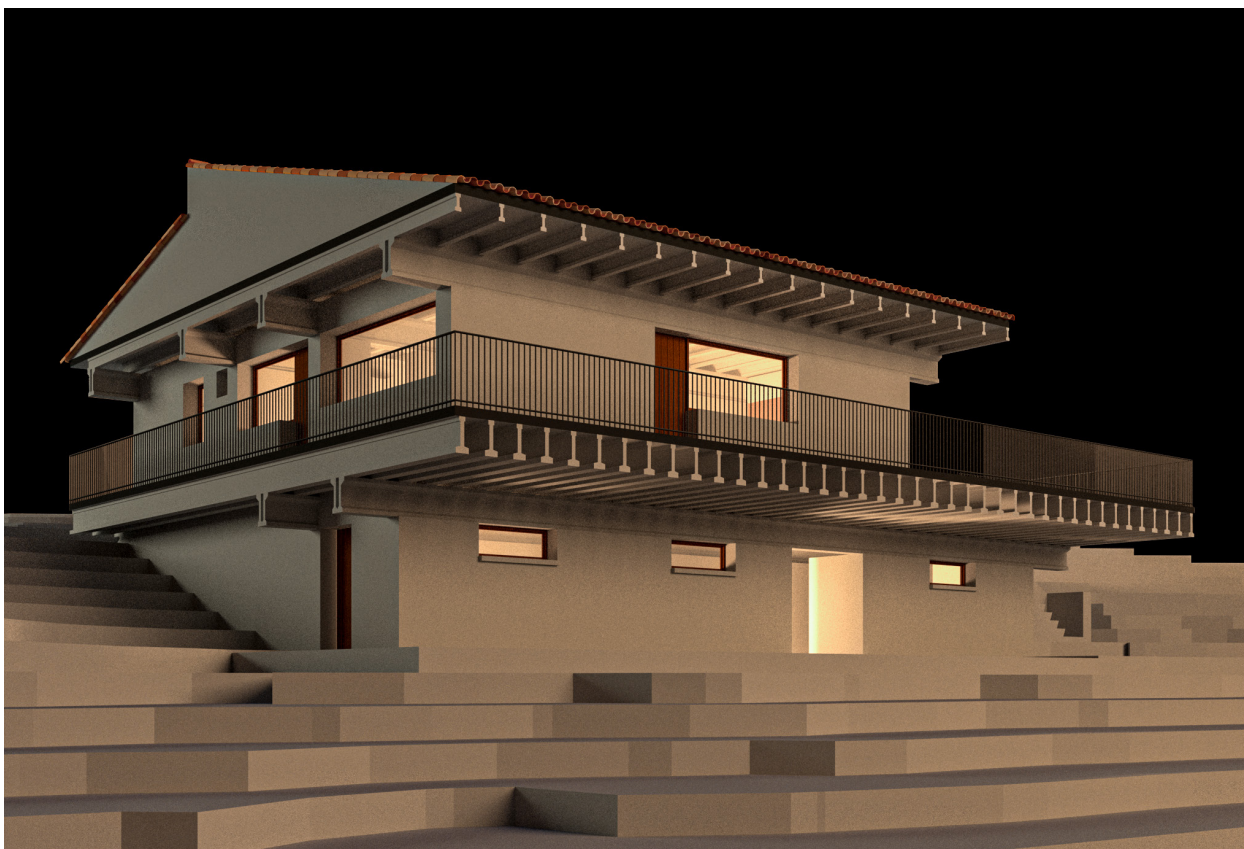


Figura 1.12. Modelo tridimensional de Estudio Casa César Manrique. Vista general. Elaboración Propia.

Figura 1.13. Modelo tridimensional de Estudio Casa César Manrique. Vista Suroeste. Elaboración Propia.

Figura 1.14. Modelo tridimensional de Estudio Casa César Manrique. Vista Noroeste. Elaboración Propia.



### 1.1.3. INTERPRETACIÓN DE FOTOGRAFÍAS

Las fotografías y datos de esta vivienda son muy escasos y de igual manera que con los planos, las imágenes que vamos a analizar han sido obtenidas por documentos proporcionados por el Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico COAM y de la Tesis doctoral de Ascensión García Ovies.



Esta fotografía revela una gran cantidad de información para el análisis constructivo.

El muro sobre el que apoyará toda la estructura tiene una sección de 40 cm según hemos observado en los planos y sobre este, funcionando a modo de durmiente sobre el muro y dintel para los huecos, apoya una doble viga perpendicular que será la que reciba a las vigas en voladizo.

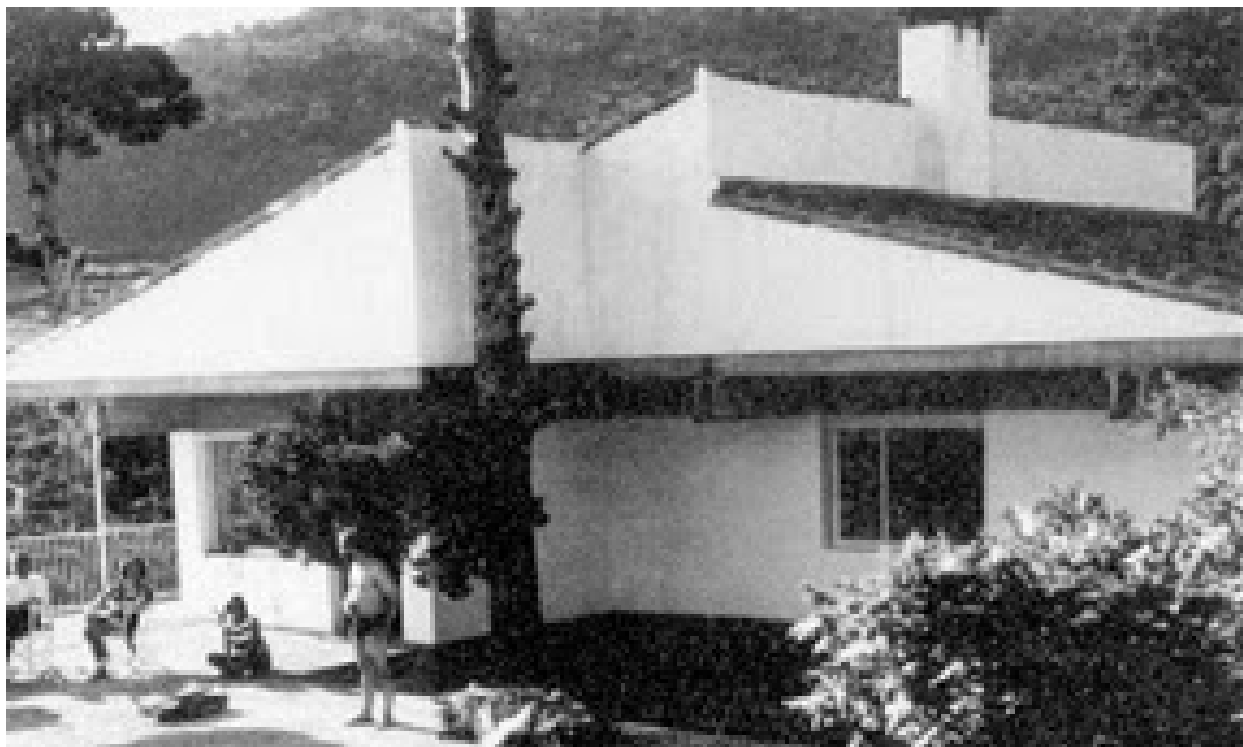
Estas vigas en voladizo que concuerdan con lo planteado en los planos, tienen una dirección perpendicular a los muros y una densidad considerable, suponiendo que tienen una separación entre ejes de 50 cm.

Aparece una especie de plomada sobre una de las vigas que pudo utilizarse para nivelarlas.

En los huecos de ventanas observamos albardillas de gran canto y en lo que será el acceso observamos como el muro dobla el L invitando a entrar al espacio que se genera bajo la imponente estructura.

No se observan indicios de impermeabilizaciones ni aislamientos de ningún tipo en las fachadas.

*Figura 1.15 Fotografía del proceso constructivo de la casa César Manrique. Colocación de vigas en voladizo.*



*Figura 1.16 Fotografía de la Casa César Manrique tomada desde la zona de la piscina.*

En esta fotografía se distingue la volumetría de la cubierta, de teja árabe y con una inclinación muy escasa, que según los alzados podría ser de 16 grados. Se supone una estructura ejecutada con tabiquillos palomeros según hemos podido intuir en la investigación con las secciones.

Gracias a las fotografías se puede observar que existen varias incompatibilidades entre los planos analizados y lo que finalmente se construyó ya que en estos, la cubierta parece tener una fractura en el hastial en la intersección de las dos pendientes de las cubiertas, y en la fotografía de la vivienda construida, el hastial es plano.

En el remate inferior de la cubierta se distingue una línea perimetral que podría ser un perfil metálico para el remate del forjado sobre el que colocar los tabiquillos de la cubierta. Este recurso lo repetirá en las otras viviendas y se analizará más en detalle.

Bajo la cubierta emergen las dobles vigas pareadas de hormigón en dirección N-S que soportarían la estructura de la cubierta.

Entre estas vigas, a modo de dintel o remate de muro aparecen otras perpendiculares cuya función principal es arriostrar a estas en su dirección débil, donde se intervendrá en el estudio energético ya que aparentemente, en el tramo superior del muro e inferior a la cubierta, el único elemento que independiza del exterior es este “dintel arriostrante” sin signos de aislamiento más allá de la propia viga.



En esta fotografía se observa como las vigas prefabricadas que soportan el forjado intermedio no tienen ni las mismas dimensiones ni el mismo espaciado que las vigas que soportan la cubierta, pero ambos forjados comparten la geometría sobre la que se organizan, coincidiendo las líneas perimetrales que los delimitan.

*Figura 1.17 Fotografía de la fachada Oeste de la Casa César Manrique.*

Como hemos observado en anteriores análisis, la dimensión de la terraza está delimitada por los aleros de la cubierta, que están planteados como un perímetro en voladizo alrededor de toda la vivienda a modo de protección solar.

Observamos de nuevo el sistema estructural en el que las vigas secundarias apoyan en otras primarias de mayor dimensión y que a su vez, apoyan en los muros de carga estructurales y hacen de dintel para los huecos que se abren, como por ejemplo en el mirador de la fotografía orientado a la fachada Este.

A medida que nos adentramos en los análisis se van descifrando algunos de los que se denominan invariantes de su arquitectura.





# 1. CASOS DE ESTUDIO

1.1. CASA CÉSAR MANRIQUE

1.2. CASA LUCIO MUÑOZ

1.3. CASA SANTONJA



*Figura 1.18. Fotografía nocturna exterior de la Casa Lucio Muñoz, construida por Fernando Hígueras en 1963*

### 1.2.1. INTRODUCCIÓN

La segunda vivienda que vamos a analizar está ubicada en Torrelodones, localización en la que nuestro arquitecto proyectará y construirá 3 viviendas, siendo esta la primera de ellas. Concretamente se encuentra en el Arroyo de Trofas en la Calle de los Jardines.

En la línea temporal que podemos construir de su obra, nos encontramos justo después de la construcción de la Casa César Manrique, previamente analizada en esta investigación. (Mayoral-Campa & Navarro-de-Pablos, 2021)

El encargo de la vivienda viene de otro gran amigo suyo y pintor, que dará nombre a la casa, Lucio Muñoz, uno de los grandes artistas de los años 50 en España, pionero del estilo abstracto, enmarcado más concretamente en el Expresionismo Abstracto. (Ovies 2015)

El artista Lucio Muñoz dio total libertad a Fernando Higuera para desarrollar el proyecto de su vivienda:

“Lucio no me dio más que el programa.” (frase de Fernando Higuera citada en Ovies, 2015).

“Quiero que me hagas una casa que no parezca hecha por un arquitecto- le dijo a Higuera Lucio Muñoz-, orgánicamente obligada por las condiciones naturales, instrumentada por las exigencias del entorno, pero realmente viva, vitalmente perfecta, idealmente insustituible (...). (...) hay que palparla, (...) hay que oírla, (...) oliscar sus olores infinitos a retama, a jara, a tomillo, (...) hay que VIVIRLA, (...)” (Extracto de una conversación entre Lucio Muñoz e Higuera citada en Arines, 1972).

El programa, según se indica en la memoria realizada por Higuera (1962) obtenida del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM, es la siguiente:

- Estudio para el pintor Lucio.
- Estudio para la pintora Avia.
- Dormitorio de padres con cuarto de baño.
- Dormitorios de hijos.
- Comedor.
- Cuarto de estar.
- Cocina
- Dormitorio de servicio.
- Aseo de servicio
- Garaje
- Piscina

---

En una conferencia impartida en La Universidad Internacional Menéndez Pelayo en el año 1976, Fernando Higuera explica lo siguiente:

“A mí el poner una casita blanca en un terreno así me parecía que es como tirar un papel en un campo, que es una porquería, ¿no? A parte de que si no hay una tradición de pintar todas las semanas se ensucia.”

En la memoria obtenida del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM encontramos la siguiente definición constructiva del conjunto de la vivienda:

“Se ha buscado el sistema constructivo más simple y económico de forma que el conjunto tenga un carácter de arquitectura popular como era deseo expreso de la propiedad. Así la vivienda está constituida por muros de carga de mampostería encalada con forjados corrientes entre muros y vigas de hormigón para aleros en terrazas. La cubierta es de teja árabe y a dos aguas sobre doble tablero de rejilla semiplano. El interior de paredes, tabiques y techo irá enfoscado y pintado en blanco a la cal con 3 manos. Se respetará la totalidad de la vegetación existente de la parcela teniendo sumo cuidado al realizar la construcción en llevar la tierra excavada sobre la carretera de acceso para nivelarla convenientemente según se indica en los planos. La piedra que se extraiga de la excavación podrá utilizarse para la construcción del chalet.” (Higuera, 1962).

## 1.2.2. ANÁLISIS Y ADAPTACIÓN DE PLANOS HISTÓRICOS

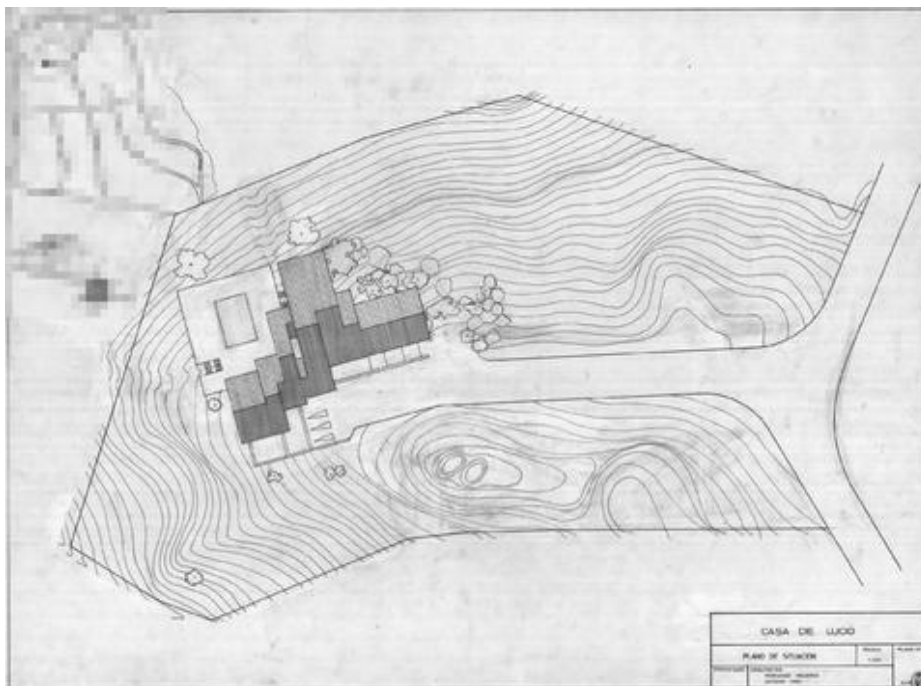


Figura 1.19. Plano de emplazamiento de la Casa Lucio Muñoz.

La imagen con la que podemos empezar a entender cómo funciona esta vivienda es la planta de situación, en la que se nos muestra a la derecha la calle de los Jardines, Torrelodones. Esta vivienda actualmente ha sufrido varias modificaciones y ampliaciones, pero vamos a estudiar la propuesta original de Fernando Higuera en el año 1963.

Desde la calle de los Jardines se crea un largo paso de acceso a través de la parcela, dominando las curvas de nivel ya que toda la vivienda se desarrolla en una parcela muy inclinada. Higuera (1976) explica:

“El terreno aquí le costaba 28 pesetas/metro por ser un terreno muy inclinado y en cambio en un llano de ahí al lado le costaba 93, entonces por el precio del terreno llano compró 4 parcelas”

De igual manera que en la Casa César Manrique, Higuera construye en un terreno muy inclinado, como podemos observar en la imagen, abriendo en vuelo la vivienda con las vigas prefabricadas en un extremo y apoyado en el terreno en el extremo.

El acceso a la vivienda se encuentra por encima de la cota del tejado, y sin embargo la vivienda en la fachada opuesta, al sur, se encuentra en vuelo.

En la imagen observamos el juego que hace con las cubiertas inclinadas siempre a dos aguas, este recurso ya lo observamos en la vivienda de César Manrique, donde en esta, lo perfecciona y lo lleva al extremo con longitudes de cubierta mucho más largas pero respetando la inclinación de unos 16 grados.

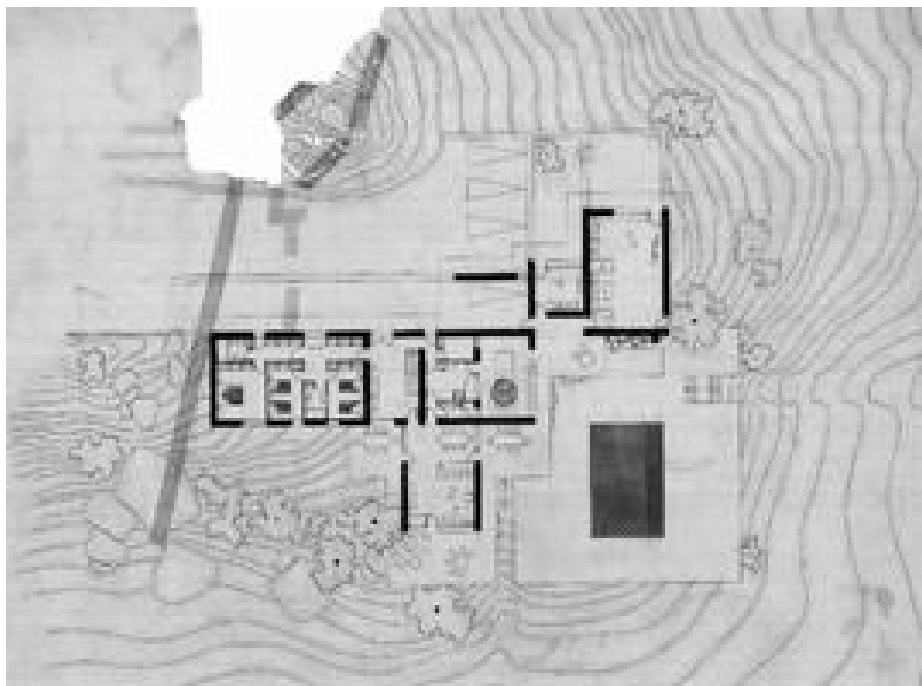


Figura 1.20. Plano  
Planta Principal de la  
Casa Lucio Muñoz.

En esta imagen de la planta orientada a Norte, encontramos la distribución general de la vivienda.

Como hemos introducido en la descripción, la circulación de acceso a la vivienda se realiza mediante una rampa tangente a la fachada Norte que desciende hasta la cota de la planta principal ya que, sin esta rampa, nos encontramos por encima de la cota de cubierta.

Una vez hemos descendido, nos encontramos el acceso principal de la vivienda que da a un recibidor con una gran ventana coincidente geométricamente con la puerta, con la intención de mostrar una encina que sería tallada 1 año y medio después de la entrega de la vivienda.

“Dentro de la vivienda existen dos zonas bien diferenciadas, los dormitorios orientados a medio día, y la zona de estudios completamente independiente y separada de la otra por la zona de servicio.” (Higueras, 1962)

En la zona de dormitorios se distingue un volumen privado, donde se organizan las habitaciones a lo largo de un pasillo con armarios. Encontramos un dormitorio principal, ubicado en la esquina Suroeste cuenta con un baño independiente, y dos dormitorios con un baño compartido en el centro.

A la derecha del acceso se localiza inmediatamente la cocina con un aseo y un patio que se abre en medio de la cubierta con un gran ciprés.

En el extremo Noreste se ubica el ala de estudios, con uno de grandes dimensiones para Lucio Muñoz, y otro menor para su mujer Amalia Avia, ambos con un acceso independiente a norte para poder transportar las obras con más facilidad, conectado con el aparcamiento de los vehículos.

Por último, encontramos un apéndice de la zona de acceso, que servirá como zona de ocio y salón con una chimenea, que apoyará sobre el vuelo más extremo de la vivienda y se orientará directamente al paisaje.

La distribución espacial que hemos definido brevemente está organizada por esos muros longitudinales sobre los que apoyarán las vigas que soportan el forjado de la vivienda en la planta intermedia y la cubierta.

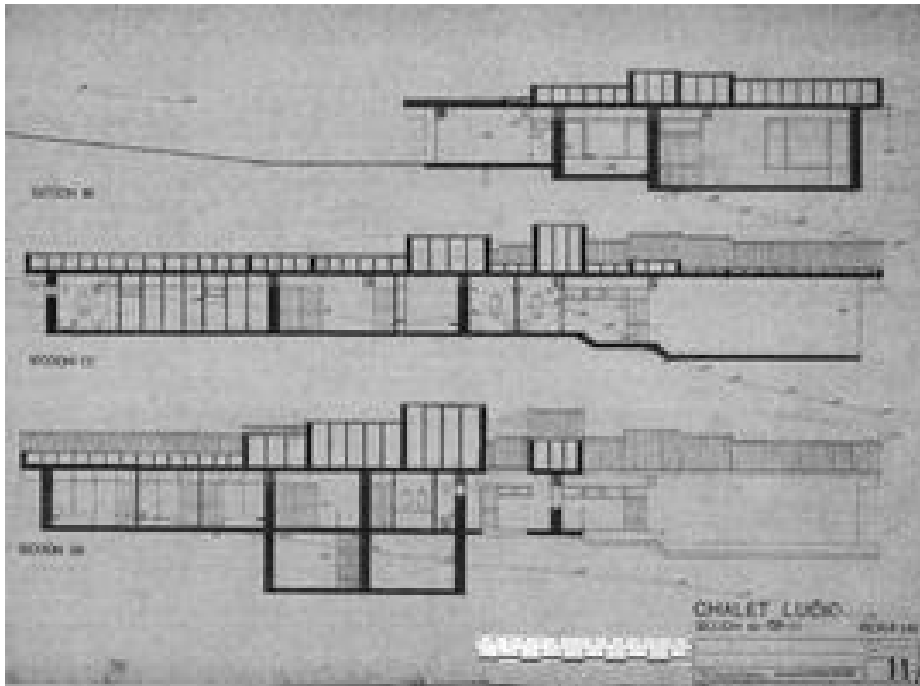


Figura 1.21. Secciones longitudinales y transversal de la Casa Lucio Muñoz.

Las secciones longitudinales y transversales de la vivienda nos hacen comprender como se adapta la vivienda a la topografía, apoyando un extremo directamente sobre el terreno y el otro abriéndose en vuelo hacia las vistas con el sistema de vigas prefabricadas, de igual manera que hemos observado en la vivienda de César Manrique.

También observamos e intuimos las dimensiones y alturas de los muros, que se interrumpen antes de encontrarse con el forjado partidos por las vigas que lo soportan.

Con respecto a la organización espacial observamos, también, el ala de dormitorios a la izquierda, el semisótano central con la escalera como núcleo de comunicación interior entre plantas y a la derecha la zona de estudios.

Podemos empezar a intuir el sistema constructivo de cubierta, aparentemente de tabiquillos palomeros, donde los saltos de cubierta no coinciden estructuralmente con los muros que la soportan. En la sección longitudinal encontramos el hueco de patio interior en la cocina en el que se plantará en ciprés, además de entender a la perfección los distintos saltos en pequeñas alturas que hay desde unas estancias y otras.

A continuación, se muestran los planos interpretados por el autor.

Al analizar de nuevo los planos de Fernando Higuera, teniendo como base los escaneos expuestos, podemos observar algunos invariantes que mantiene de la Casa César Manrique como, por ejemplo, la rigurosidad geométrica que plantea en todas las longitudes de los muros y los espacios, las alineaciones, los límites, etc.

Las secciones de los muros son de 50 cm y sobre ellas apoyan las dobles vigas que estructuralmente soportaran tanto el forjado de vivienda como el de cubierta.

Las circulaciones de la vivienda están muy meditadas, y la rigurosidad geométrica con la que plantea el cubo de las habitaciones es excepcional.

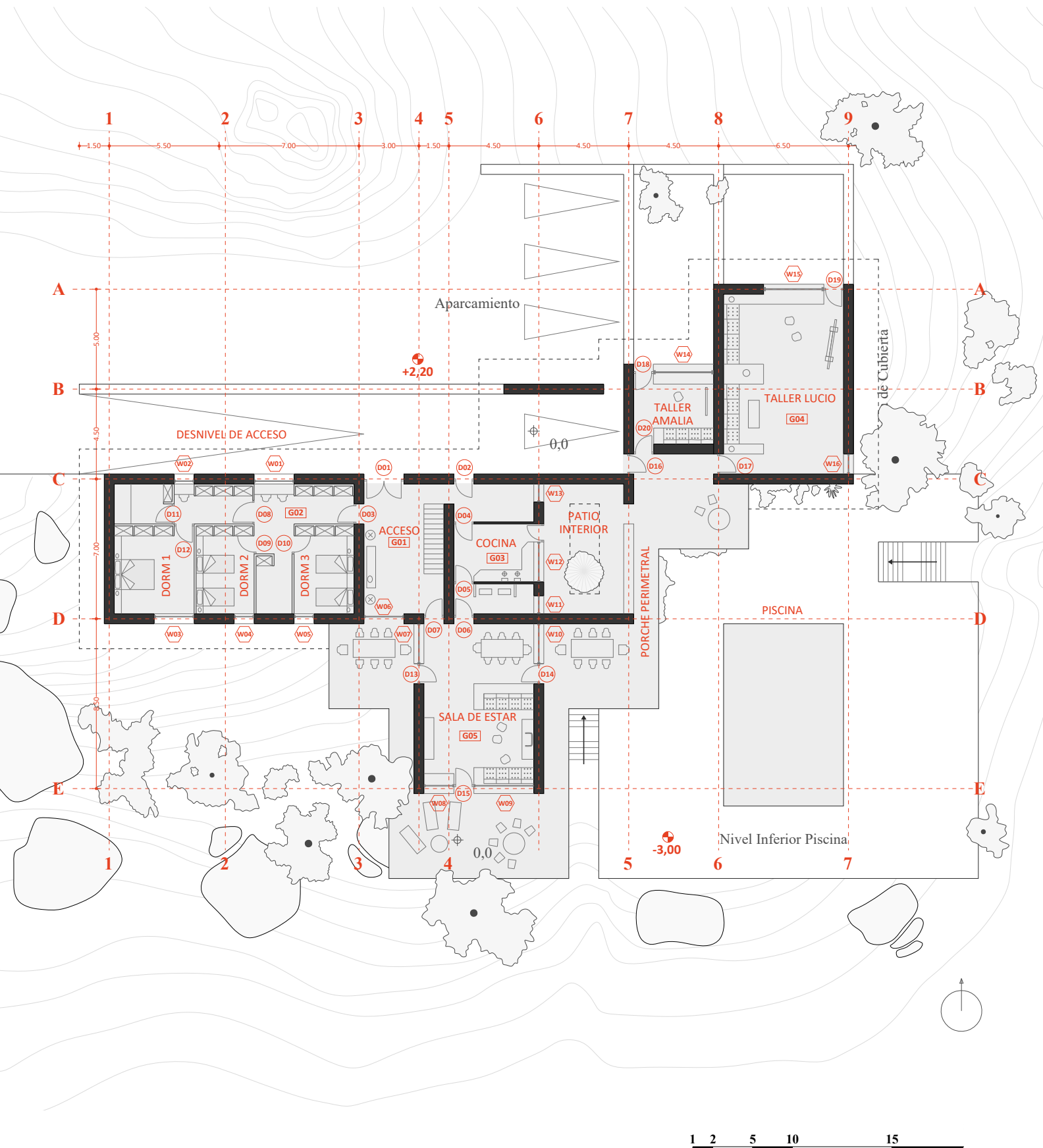


Figura 1.22. Análisis Planta Principal de la vivienda  
Elaboración Propia.

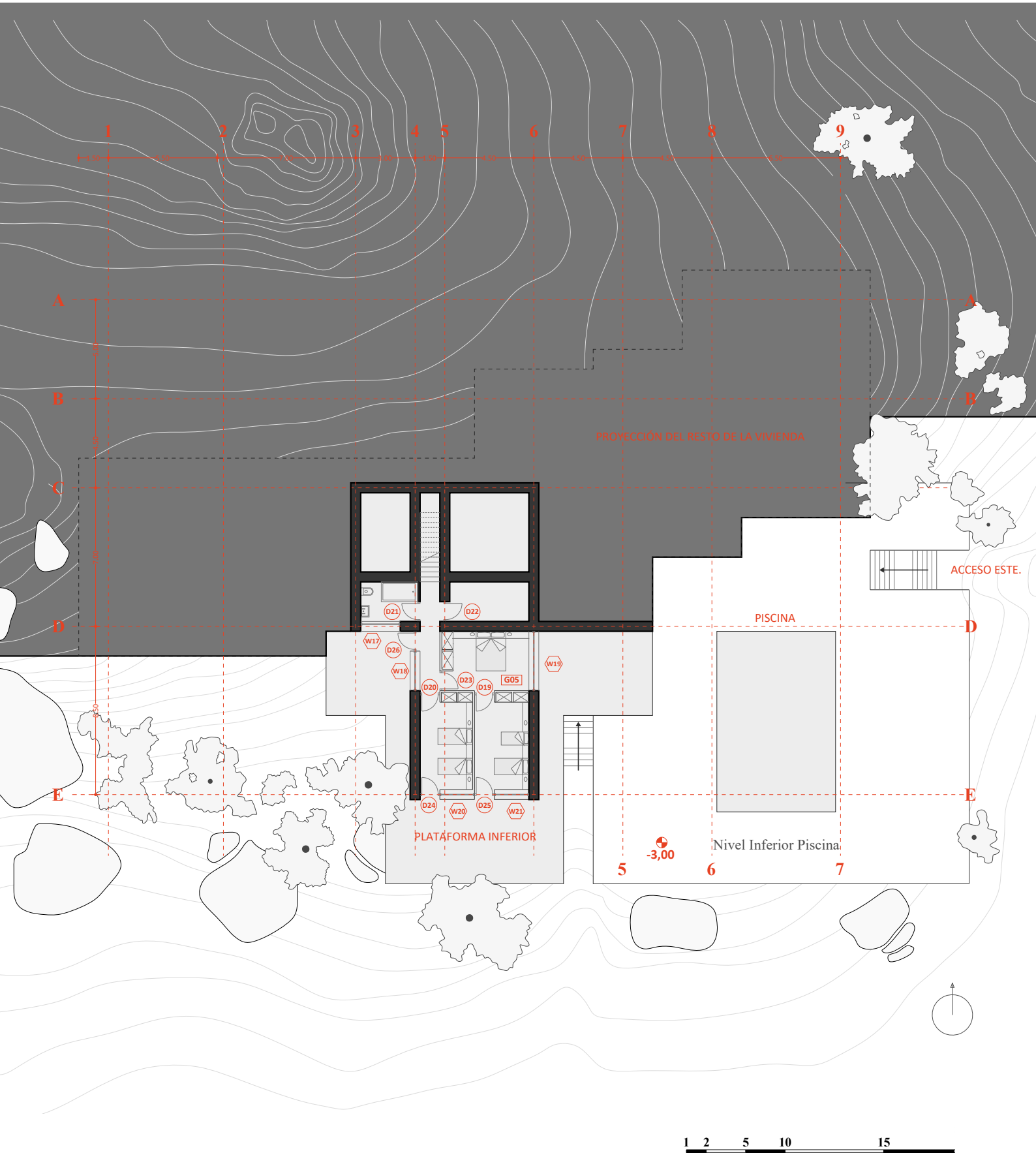


Figura 1.23. Análisis Planta Semisótano de la vivienda. Elaboración Propia.

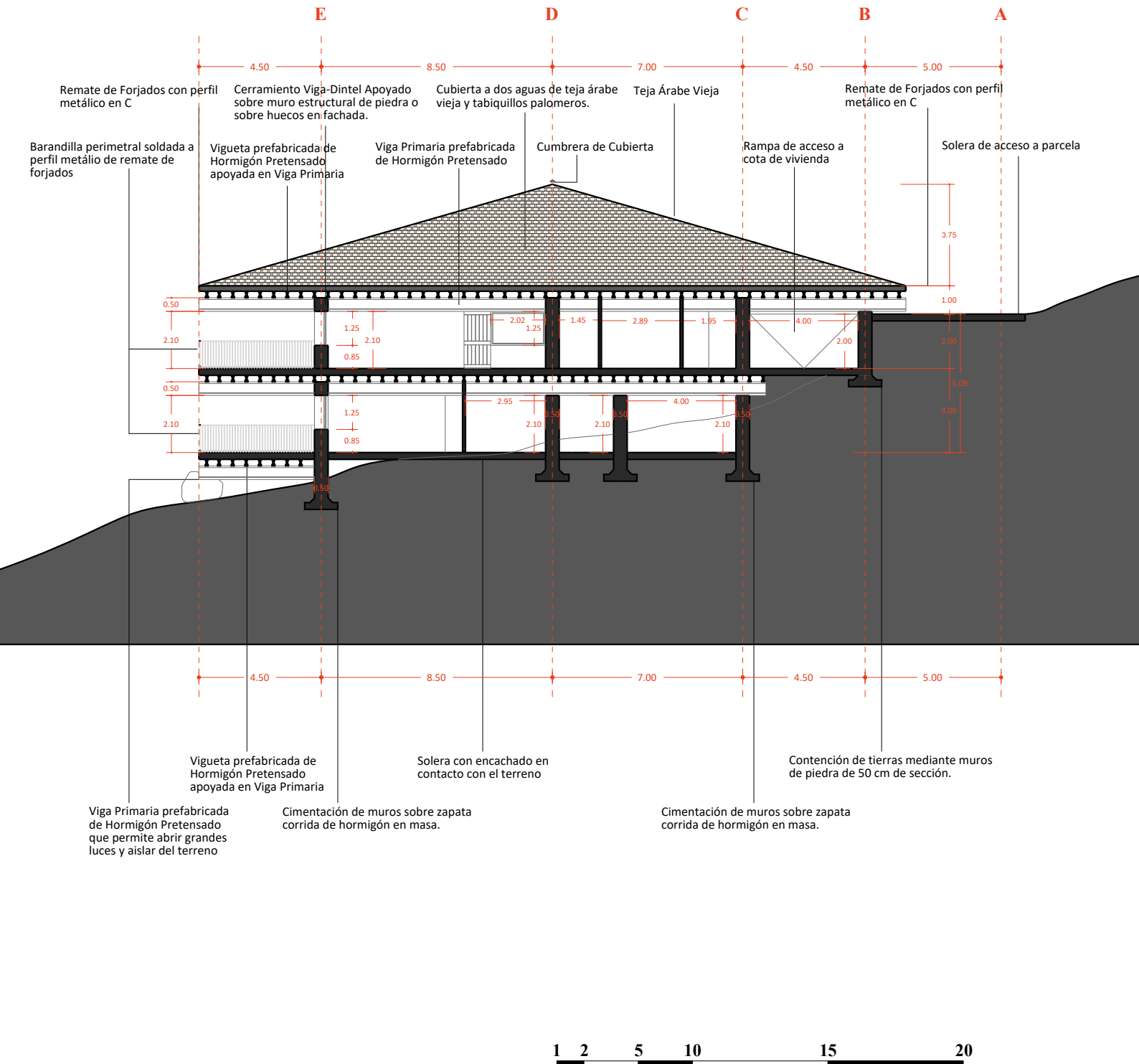


Figura 1.24. Análisis Sección A-A de la Casa Lucio Muñoz. Elaboración Propia.

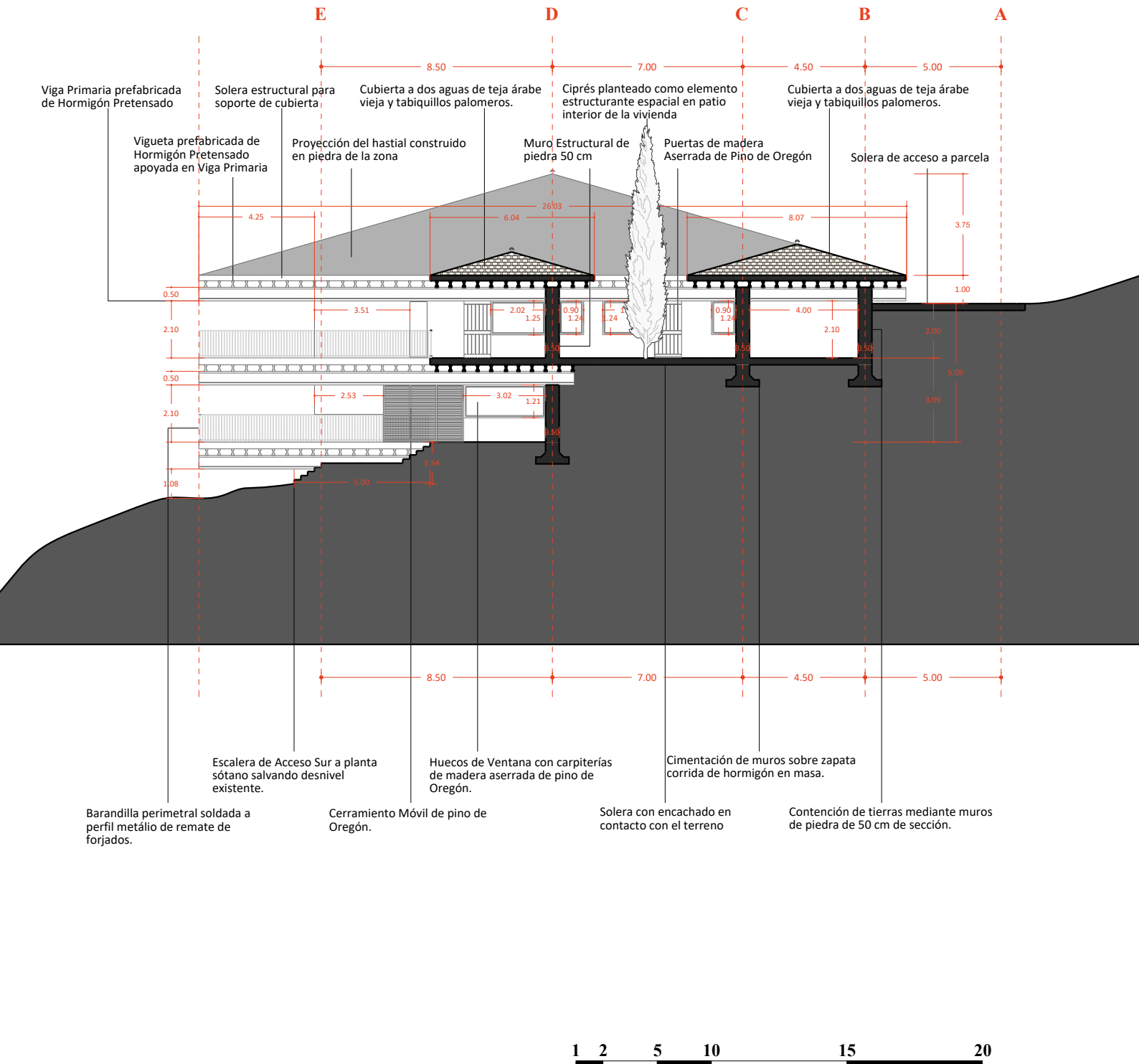


Figura 1.25. Análisis Sección B-B de la Casa Lucio Muñoz. Elaboración Propia.

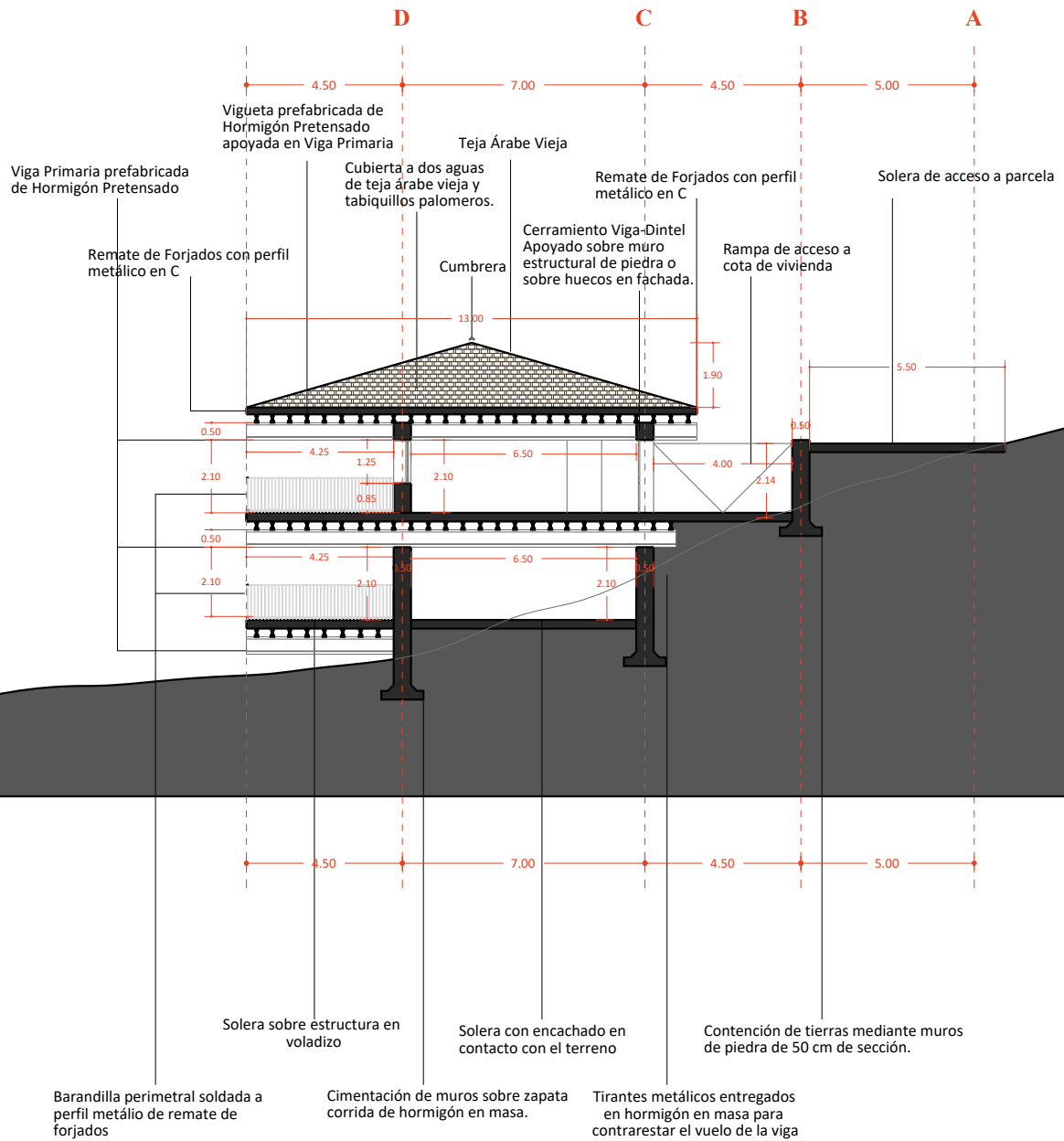


Figura 1.26. Análisis Sección C-C de la Casa Lucio Muñoz. Elaboración Propia.

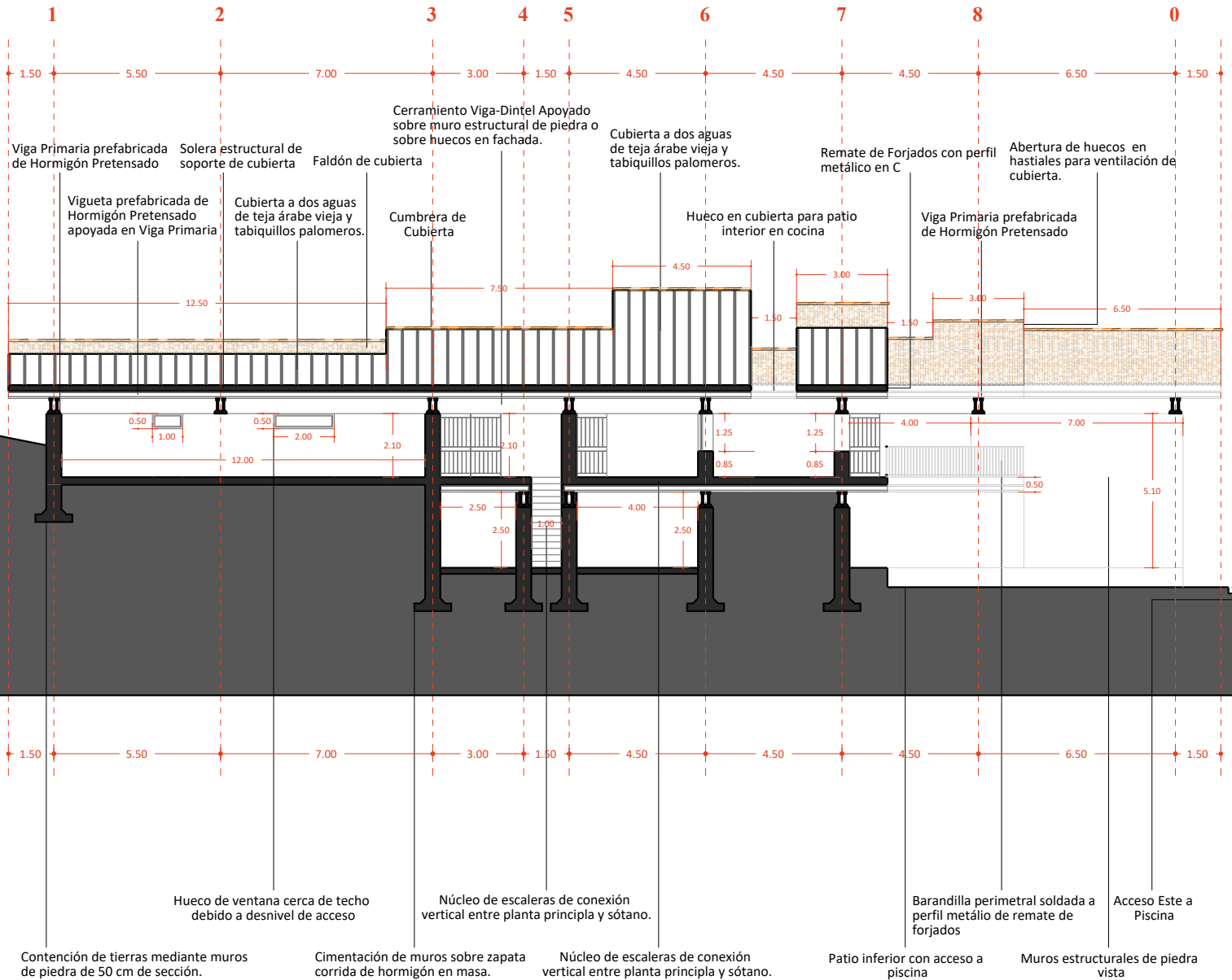
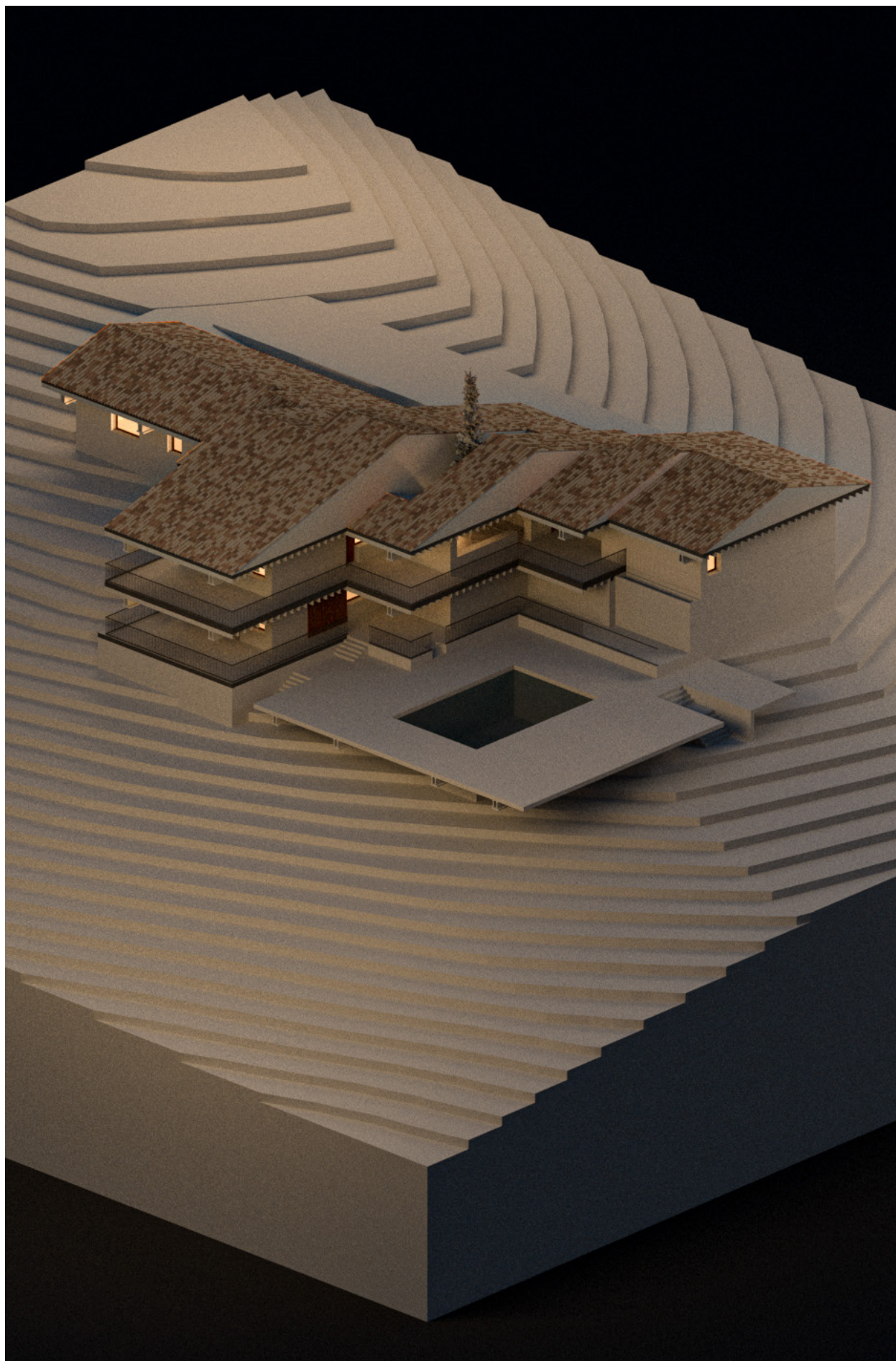
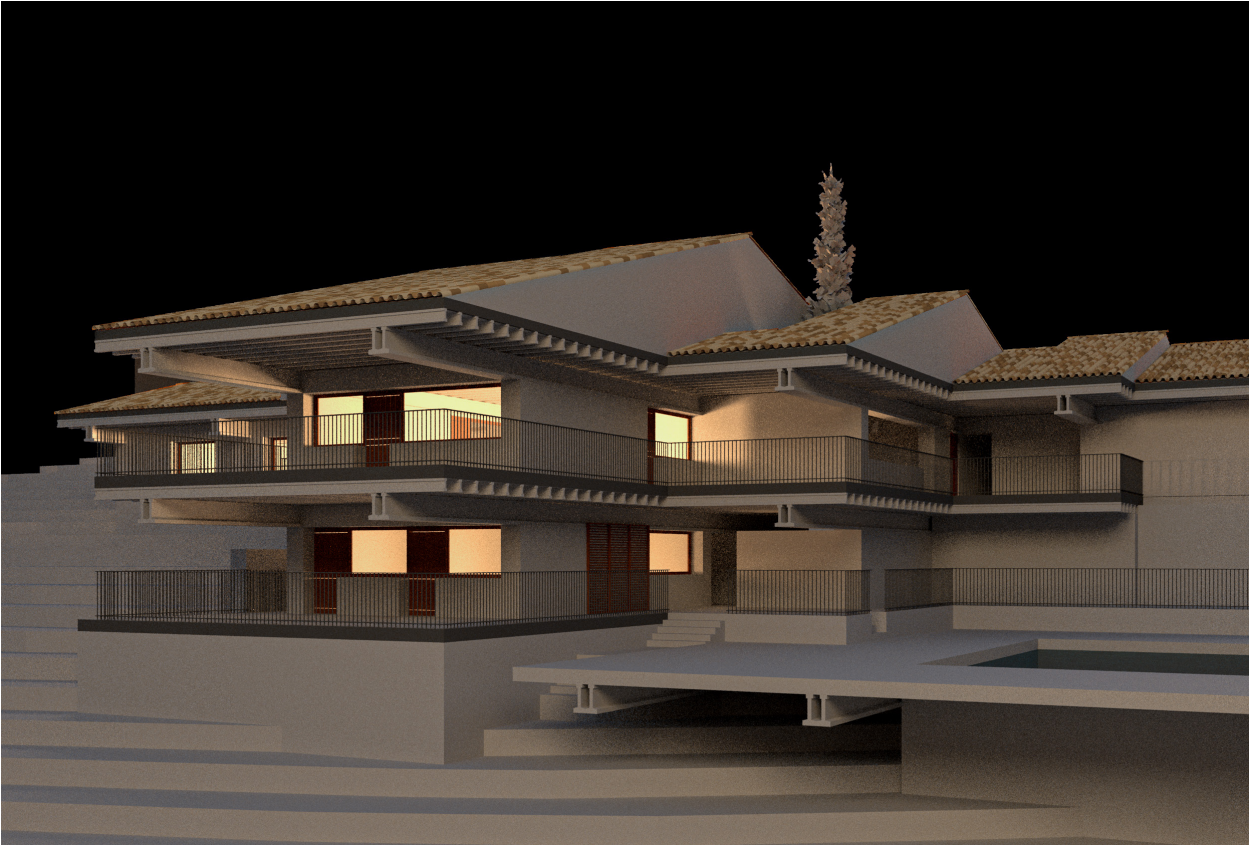


Figura 1.27. Análisis Sección D-D de la Casa Lucio Muñoz. Elaboración Propia.





*Figura 1.28. Modelo tridimensional de Estudio Casa Lucio Muñoz. Vista general. Elaboración Propia.*

*Figura 1.29. Modelo tridimensional de Estudio Casa Lucio Muñoz. Vista Sureste. Elaboración Propia.*

*Figura 1.30. Modelo tridimensional de Estudio Casa Lucio Muñoz. Vista Sur. Elaboración Propia.*



### 1.2.2. INTERPRETACIÓN DE FOTOGRAFÍAS

De igual manera que en la casa César Manrique y según indica la metodología propuesta, vamos a analizar fotografías tanto históricas como actuales con el objetivo de descubrir los sistemas constructivos con los que se llevó a cabo esta vivienda.



Higuera explica (como se cita en Ovies, 2015) que no se pretendían ocultar las vigas ni ningún elemento estructural y que el propio Lucio Muñoz estuvo de acuerdo la idea:

“Vamos a colocar etiquetas. ¿Es esto brutalismo? No lo sé. Carlos Flores fue el primero que me hizo notar y si él lo dice, será brutalismo. Lo cierto es que di a elegir a Lucio entre tapar las vigas o no, y a él le gustaron así, vistas, incluso con sus letras negras.”

Un sistema de dobles vigas prefabricadas de gran canto y longitud organizan la vivienda y una terraza perimetral salvando el desnivel de la parcela y abriéndose a las vistas del paisaje.

*Figura 1.31. Imagen exterior de las fachadas Sur, observando la estructura de grandes vigas en voladizo.*



*Figura 1.32. Fotografía del acceso a la vivienda por la rampa tangente a la fachada Norte semienterrada.*

En estas imágenes se puede confirmar como el nivel de acceso a la parcela está por encima de la cota de cubierta. Higuera recurre a una rampa que desciende tangente a la fachada norte para llegar al nivel de vivienda. Más allá de utilizar este recurso simplemente para salvar el desnivel, lo utiliza con un conocimiento y una maestría excelentes ya que, la fachada que oculta y deja semienterrada es la Norte, que energéticamente funcionará mucho mejor que si estuviera al aire libre con los vientos helados de la sierra azotándola al descender la ladera.

*Figura 1.33. Fotografía donde se muestra la cota de acceso del terreno y la cota de cubierta.*





Con respecto a la cimentación podría parecer que los propios muros de piedra entregan en el terreno y hacen de cimientos, pero la realidad es, contrastada con la memoria (1962) obtenida del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM, que la cimentación se ejecutará con zapatas corridas de hormigón en masa.

Estos muros que arrancan desde la cimentación serán los organizadores de la vivienda y sobre los que apoye la estructura prefabricada que se analiza a continuación.

*Figura 1.34. Fotografía del encuentro de los muros de carga con el terreno y la estructura de vigas pretensadas prefabricadas que apoya sobre ellos.*



Figura 1.35. Fotografía de la estructura de vigas prefabricadas sobre una roca, con la intención de respetar hasta el extremo lo preexistente.

La intención de Higuera de respetar lo preexistente con la vegetación y reutilizar piedras de viejas ruinas llega hasta el extremo con estos detalles en los que utiliza las grandes rocas que encuentra en su parcela para incluirlas en su proyecto tanto estética como funcionalmente.

“No se tocó absolutamente nada para buscar una integración completa al terreno” (Higuera, 1976).

En la imagen observamos como las vigas primarias apoyan en una roca recortada para transmitir las cargas de la terraza hasta el terreno.

Figura 1.36. Fotografía del mismo encuentro viga-roca desde otra perspectiva.



Sobre estas vigas observamos un recurso que ya utilizó F.H en la casa de César Manrique, que es ese perfil metálico de remate para el encofrado de la losa, que además servirá para soldar la barandilla de todo el perímetro en vuelo de la vivienda.



En esta fotografía, más allá de lo poético del hombre sobre la super estructura que da escala a todo el conjunto, encontramos uno de los elementos más importantes de toda la vivienda, el remate de los muros.

*Figura 1.37. Fotografía de sistema de vigas en voladizo con remate de muros de piedra en fábrica de ladrillo.*

Volvemos a encontrarnos con el sistema de viguetas sobre vigas sobre muros, donde para entender cómo trabajan en conjunto Higuera lo explica de la siguiente manera en la conferencia llevada a cabo en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (1976):

“Aquí están las viguetas simplemente apoyadas sobre estas vigas que a su vez están simplemente apoyadas sobre la piedra”.

Con respecto al elemento de remate que aparece entre vigas primarias, podemos decir con seguridad que es uno de los elementos más importantes de toda la investigación.

Su función principal consiste en rematar los muros de piedra desde que terminan al encontrarse con las vigas hasta el comienzo del forjado, pero además funciona como elemento arriostrante, funciona como un muro que las ata en la dirección de vuelco.

Este remate aparece de fábrica de ladrillo cuando remata el muro, pero también como podemos observar en la otra imagen, puede funcionar como una viga-dintel de hormigón armado que abre los huecos de ventanas y puertas.



Figura 1.38. Fotografía de recurso viga-dintel cerramiento de fachada sobre hueco de ventanas y puertas

Tanto el remate de fábrica de ladrillo sobre el muro, como el dintel sobre los huecos, son soluciones que aparentemente no cuentan con ningún tipo de impermeabilización ni aislamiento, por lo que las interpretamos como un posible punto de intervención en la parte energética de la vivienda.

En la imagen observamos que, al no poder construir viguetas prefabricadas de toda la longitud de la vivienda, Higuera va planteando juntas que apoyan y coinciden sobre las vigas primarias.

Observamos también, el elemento arriostrante que ata todas las viguetas en su dirección débil, unos tubos de acero que perforan las viguetas y las atan unas a otras. Este elemento tiene la misma función que el explicado previamente de remate de muros y viga-dintel, pero al llevarlo a una escala más pequeña, la de las viguetas recurre a una solución, que funcionalmente trabaja igual pero formalmente es muy diferente



La madera utilizada para el pavimento es descrita así por Higuera, como se cita en la Tesis de Ascensión García Ovies (2015): “Es de la cubierta de un viejo barco desguazado en Santander; lo compramos a precio de saldo, es palo de hierro, una madera durísima”.

*Figura 1.39. Fotografía de terraza en voladizo cubierta bajo la estructura vista. De nuevo remate de viga-dintel sobre hueco.*

Volvemos a observar la solución de viga de hormigón armado como dintel que arriostra las vigas primarias prefabricadas, abriendo el hueco de acceso a la terraza Sur. Las carpinterías y persianas enrollables de toda la vivienda son de pino de Oregón.

Sobre las viguetas encontramos lo que aparentan ser unos tableros de encofrado que quedan perdidos y vistos al ejecutar la losa que soportará toda la estructura de la cubierta. Este sistema de forjado se replicará para las terrazas de la vivienda.

De nuevo volvemos a observar el recurso que Higuera plantea en todas sus viviendas, la alineación espacial de la terraza con la proyección vertical de la cubierta, marcando esta el límite espacial.

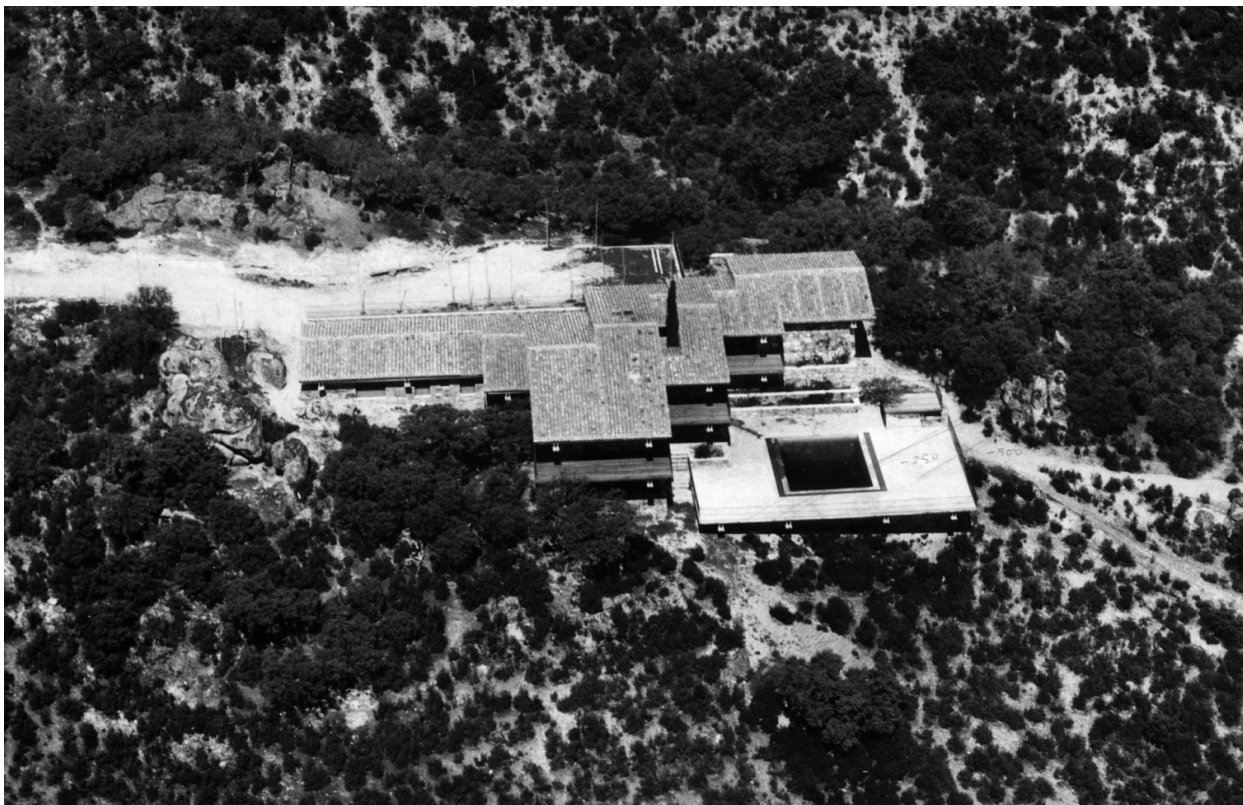


Figura 1.40. Fotografía aérea de la vivienda en la que se observa el conjunto de la cubierta con sus planos inclinados desfasados y el hueco para el ciprés ubicado en la cocina.

La cubierta que plantea Fernando Higuera en esta vivienda es en idea similar a la de César Manrique en aspectos como la pendiente y los materiales, pero la geometría y el tamaño le obligarán a reinventarla.

La geometría de la cubierta se adaptará a los muros planteados bajo ella y sobre todo a las vigas primarias que serán las que generen todos los aleros en vuelo de la cubierta. Esta distribución estructural generará unos retranqueos y salientes dentro de la cubierta generando planos siempre a dos aguas desfasados.

Higuera explica en la conferencia impartida en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (1976):

“Al hacer los testeros le dije: y vamos a hacer también los frontones de los tejados de piedra y ahí fue el gran ataque. Roberto Puig me decía: No se te ocurra es una barbaridad, no lo hagas, hazlo de una cosita ligera, enfoscado y pintado de blanco. Y el caso es que lo hice de piedra, y ahora estoy encantado”.



Figura 1.41. Fotografía zoom de la cubierta con los testeros ejecutados en piedra.



A su vez, estos planos cambian de dirección en un punto concreto, en la cocina, abriendo un hueco para un patio en el que encontraremos un ciprés.

Constructivamente la cubierta se desarrolla mediante unos tabiquillos palomeros apoyados sobre la losa que apoya en las vigas. Estos tabiquillos distarán entre sí 50 cm y se rematarán con unos dobles tableros de rasilla y sobre estos, la teja vieja de derribos de pueblos que quedaban anegados por los pantanos.

Dentro de la cubierta no hay constancia de impermeabilizaciones ni aislamientos térmicos más allá de la gran cámara de aire ventilada que se genera.

“Esto es como se ha hecho siempre en los pueblos, la cubierta y hasta que yo no encuentre una mejor y más barata pues no creo que cambie” (Higueras, 1976).

*Figura 1.42. Fotografía de los testeros de la cubierta completamente homogeneizados con el contexto material de la parcela.*

*Figura 1.43. Fotografía del hueco en cubierta para ciprés que rompe continuidad formal de los faldones.*







# 1. CASOS DE ESTUDIO

1.1. CASA CÉSAR MANRIQUE

1.2. CASA LUCIO MUÑOZ

1.3. CASA SANTONJA



*Figura 1.44. Fotografía del patio interior abierto en cubierta de la casa Santonja, construida por el arquitecto Fernando Higuera en 1964.*

### 1.3.1. INTRODUCCIÓN

Fernando Higuera sigue construyendo viviendas a un ritmo incesante y nos encontramos en 1964 con la Casa Santonja.

Previamente a esta vivienda ya ha le han encargado otras 3 en un periodo de dos años donde sus ideas y conocimientos constructivos se han ido depurando y mejorando como analizaremos a continuación.

Ubicado en Somosaguas, Pozuelo de Alarcón, Higuera proyecta una vivienda en una gran parcela, donde utilizará a recursos que ya hemos observado previamente en esta investigación.

En este caso la parcela presenta una leve inclinación a levante, siendo su parte más baja la que linda con la calle Grillo, según indica en la memoria del proyecto realizada por Higuera (1963) obtenida del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.

Esta inclinación la utilizará, de igual manera que lo proyecta en la Casa Manrique y en la Lucio Muñoz, para elevar la casa sobre un sótano y crear en el resto un gran jardín escalonado a modo de alfombra que permitirá a la vivienda tener unas vistas abiertas y sin ningún obstáculo de la Casa de Campo de Madrid. (Ovies 2015)

El encargo vendrá de su amigo e ingeniero, Antonio Martínez Santonja y su mujer Nelly, los cuales le proporcionarán el siguiente programa correspondiente a las necesidades de una vivienda de carácter permanente para un matrimonio sin hijos, que además, debe poseer una zona independiente reservada a estudio para el ejercicio de la profesión del propietario: (Higuera, 1963)

#### · Vivienda

- Comedor-estar
- Vestíbulo
- Dorm. Principal
- Dos dormitorios.
- Cuarto de Baño
- Aseo
- Cocina
- Cuarto de Plancha
- Estudio

#### · Dependencias:

- Garaje
- Taller
- Porche Cubierto

La decisión dentro de la investigación de escoger esta vivienda se debe a sus características materiales

La decisión principal de elegir esta vivienda para esta investigación es debido a sus condiciones materiales, ya que a diferencia de la de César Manrique y Lucio Muñoz cuya estructura es de vigas y viguetas pretensadas y prefabricadas de hormigón Armado, en esta vivienda la estructura se llevará a cabo con un sistema de dobles vigas y viguetas de madera.

La intención de esta decisión es analizar ambas tipologías constructivas y entender cómo funcionan energéticamente.

## 1.3.2. ANÁLISIS Y ADAPTACIÓN DE PLANOS HISTÓRICOS

De igual manera que con las otras dos viviendas, vamos a analizar e interpretar los planos que encontramos de diversas fuentes, principalmente del Fondo Histórico Digital de la UPM, del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM y de la Tesis Doctoral de Ascensión García Ovies (2015).

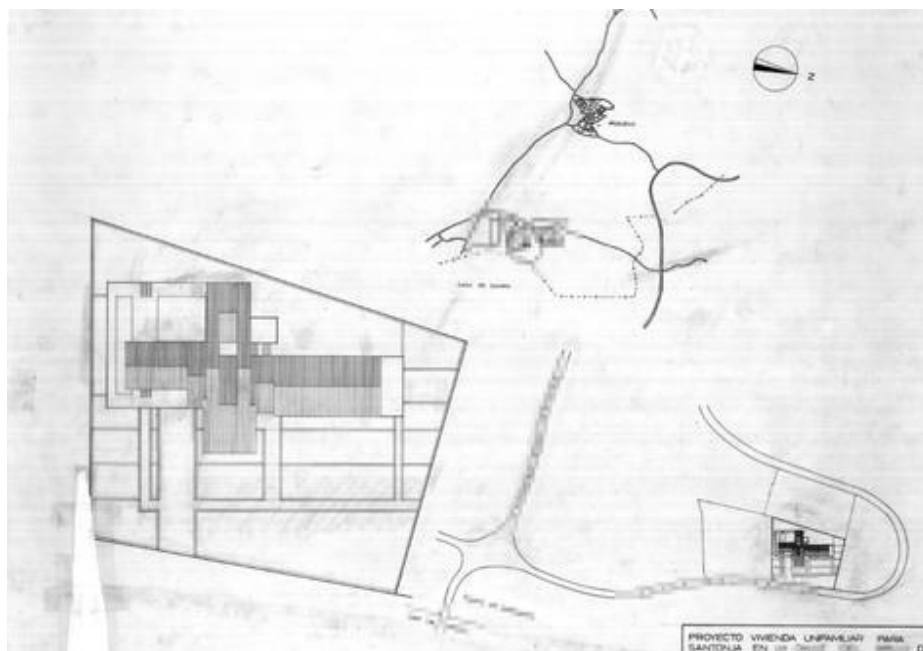


Figura 1.45. Plano Planta de situación general en parcela, con esquema de situación en Madrid y en la Colonia de Trofas.

Comenzando por el plano de situación, nos hacemos una idea de su ubicación general gracias al esquema que dibuja F.H en la parte superior del escaneo, y también del acceso a su parcela por la calle Grillo gracias al esquema inferior derecho.

Según indica F.H en la memoria (1963) consultada en el Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM:

“La casa se ha situado en el centro de la parcela, retranqueada lo más posible de la calle del Grillo y aislada del terreno mediante una ligera elevación del forjado para evitar totalmente las humedades.”

La planta de cubiertas (a la izquierda de la figura) nos recuerda mucho a la Casa de Lucio Muñoz, con esos planos inclinados a dos aguas y un patio interior central que rompe las pendientes de mayor tamaño de la vivienda.

También nos introduce un esquema del escalonamiento que utiliza para levantar la vivienda desde el acceso de la parcela hasta el acceso a la vivienda, intuyendo también el acceso de tráfico rodado hasta el garaje

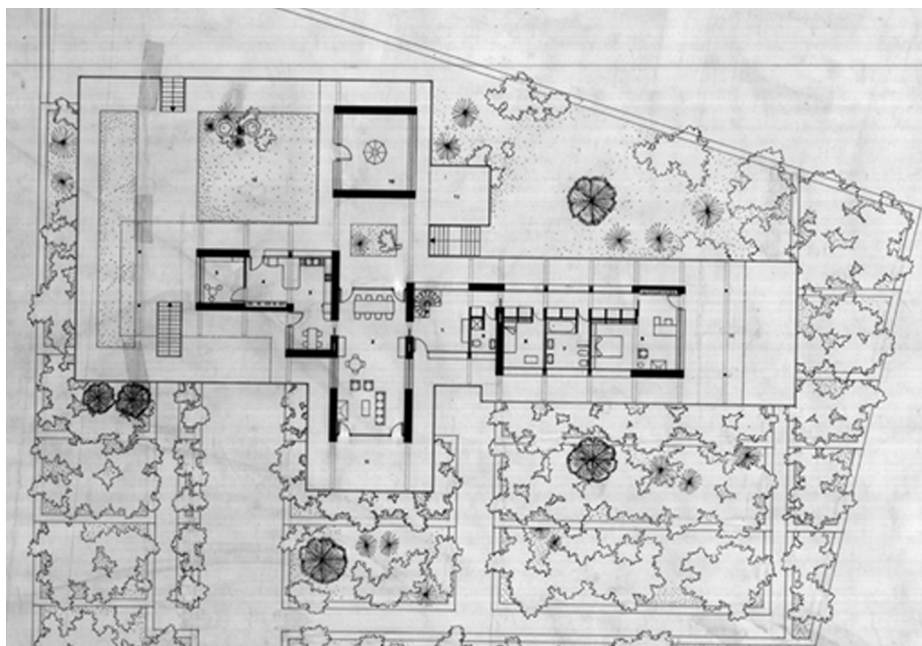


Figura 1.46. Plano Planta principal de la Casa Santonja, plano original de Higuera.

La planta principal de la vivienda nos vuelve a recordar a la Casa Lucio Muñoz en Torrelodones con esos muros organizadores del espacio, una gran terraza perimetral que se abre a las vistas e incluso la división funcional de la vivienda con un ala de dormitorios una zona común central y los servicios como la cocina o almacén a la izquierda.

Al acceder a la parcela nos encontramos el escalonamiento de los jardines:

“Yo les convencí de hacer exclusivamente espino, el espino no hay que regarlo no hay que podarlo no hay que ocuparse de él crece solo y además da una flor blanca en primavera y durante todo el invierno tiene un futo rojo que es muy agradable”.  
(Higuera, 1976)

Estos jardines organizan el exterior de la parcela, creando ellos mismos unas circulaciones en varias alturas que dan acceso a la vivienda.

El acceso se realiza a través de un vestíbulo que cuenta con un aseo, y unas escaleras para descender a la planta sótano que comunica con el garaje.

A la derecha de la figura se desarrolla la zona privada, un gran pasillo ubicado a norte con grandes ventanales que da acceso a un dormitorio principal con un estudio y chimenea, y un dormitorio de menor tamaño y un baño completo, dejando la ubicación sur para ubicar estos dormitorios, dejándoles así las mejores vistas.

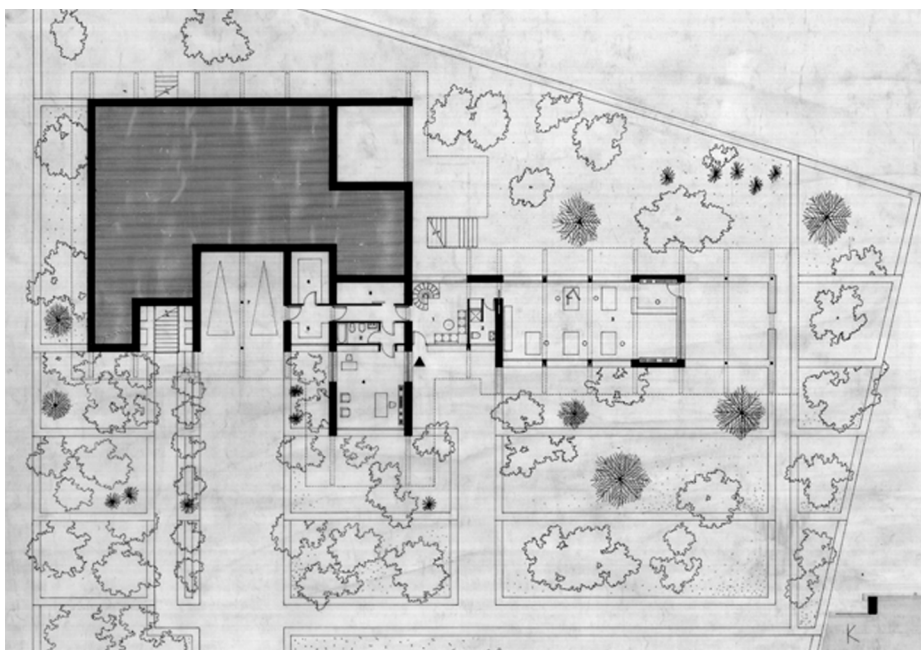


Figura 1.47. Plano  
Planta Semisótano de  
la Casa Santonja, plano  
original de Higuera.

La planta semisótano de la vivienda cuenta con un aparcamiento para dos vehículos con acceso directo desde el exterior de la parcela.

Esta planta semienterrada permite a Fernando Higuera elevar la planta principal de la vivienda y tener unas vistas dominantes y sin obstáculos. Este recurso lo ha utilizado ya en las dos viviendas previas analizadas, que se encontraban en parcelas con grandes desniveles, y aunque el desnivel, según indica Higuera, es menos pronunciado en esta, lo vuelve a utilizar como un recurso invariante de su arquitectura.

En el vestíbulo de acceso a esta cota, encontramos las escaleras que nos comunicarán por el interior de la vivienda con el piso superior, cosa que no ocurría, por ejemplo, en la Casa César Manrique.

A la derecha de la imagen encontramos un gran despacho estudio, ya que como hemos comentado, el cliente era Antonio Martínez Santonja, ingeniero de caminos, que será el ingeniero de esta, su propia casa.

En el extremo izquierdo de la vivienda se desarrollará el garaje con espacio para dos vehículos, una zona de taller y almacenaje y el cuarto de instalaciones de toda la vivienda.

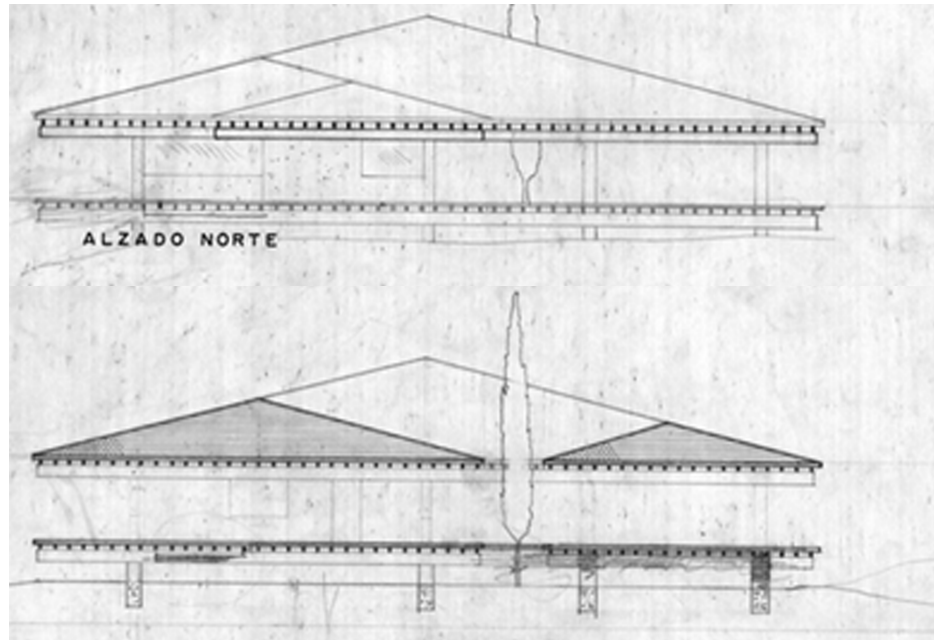


Figura 1.48. Secciones Transversales de la Casa Santonja, plano original de Higuera..

Con respecto a alzados y secciones, podemos intuir su estructura, que analizaremos más en detalle a continuación con las fotografías.

Las cubiertas a dos aguas se organizan y van abriendo y cerrando espacios, volando siempre con un desfase perimetral con la intención de cubrir del sol y de la lluvia.

En apariencia, estas secciones son muy similares a las analizadas en la Casa Lucio Muñoz, con esas vigas y viguetas apoyadas en muros que entregan directamente al suelo, con un patio interior con un ciprés y grandes longitudes de vuelo. Pero la principal diferencia, y por la que se ha escogido esta vivienda en la investigación, es la estructura de madera, para así comparar cómo se comporta energéticamente con respecto a las otras de hormigón.

A diferencia de las otras dos, las vigas y viguetas ya no van a ser de hormigón pretensado, sino que serán vigas dobles vistas de madera maciza con un refuerzo metálico donde sea necesario.

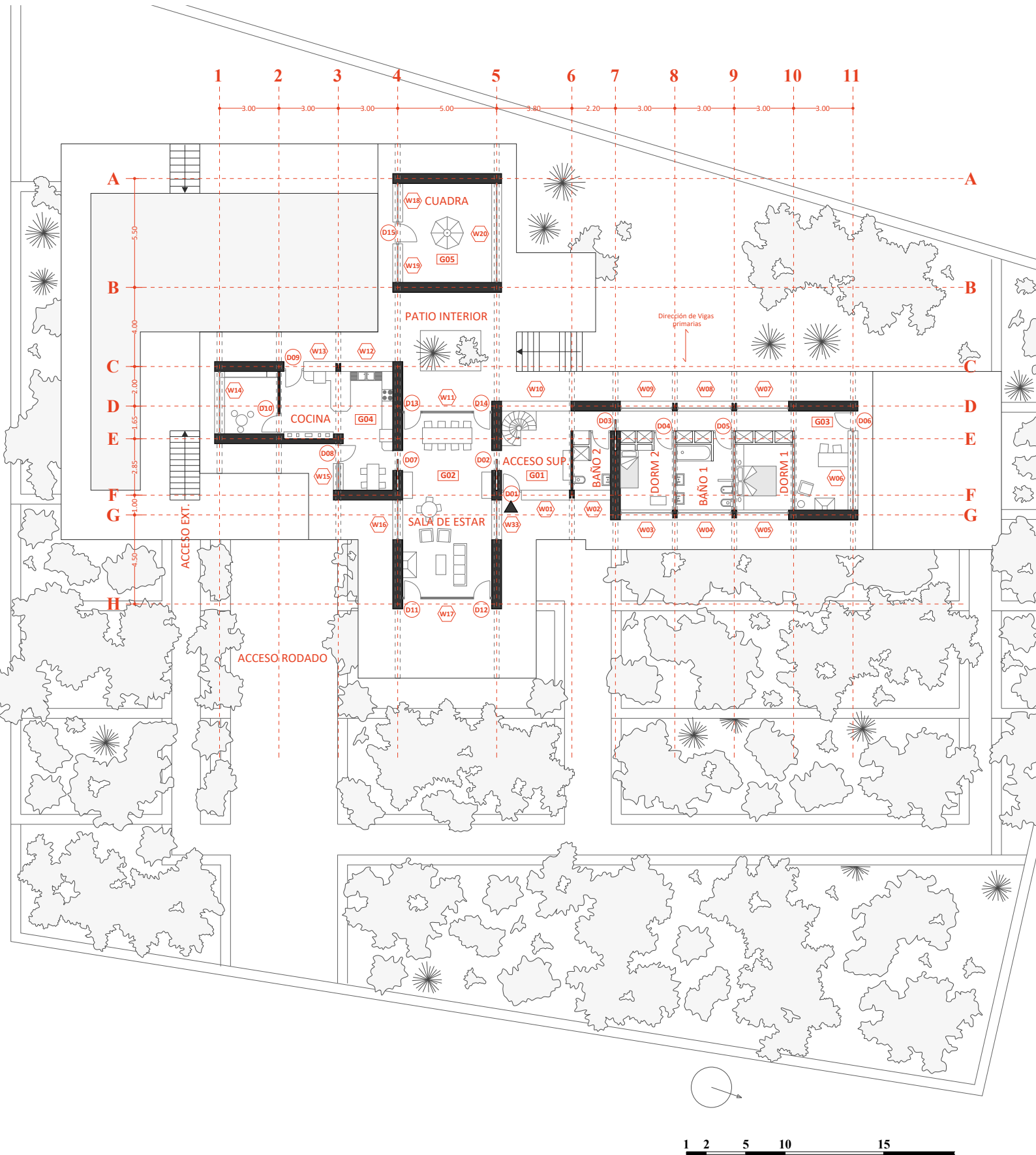


Figura 1.49. Análisis Planta Principal de la vivienda.  
Elaboración Propia.

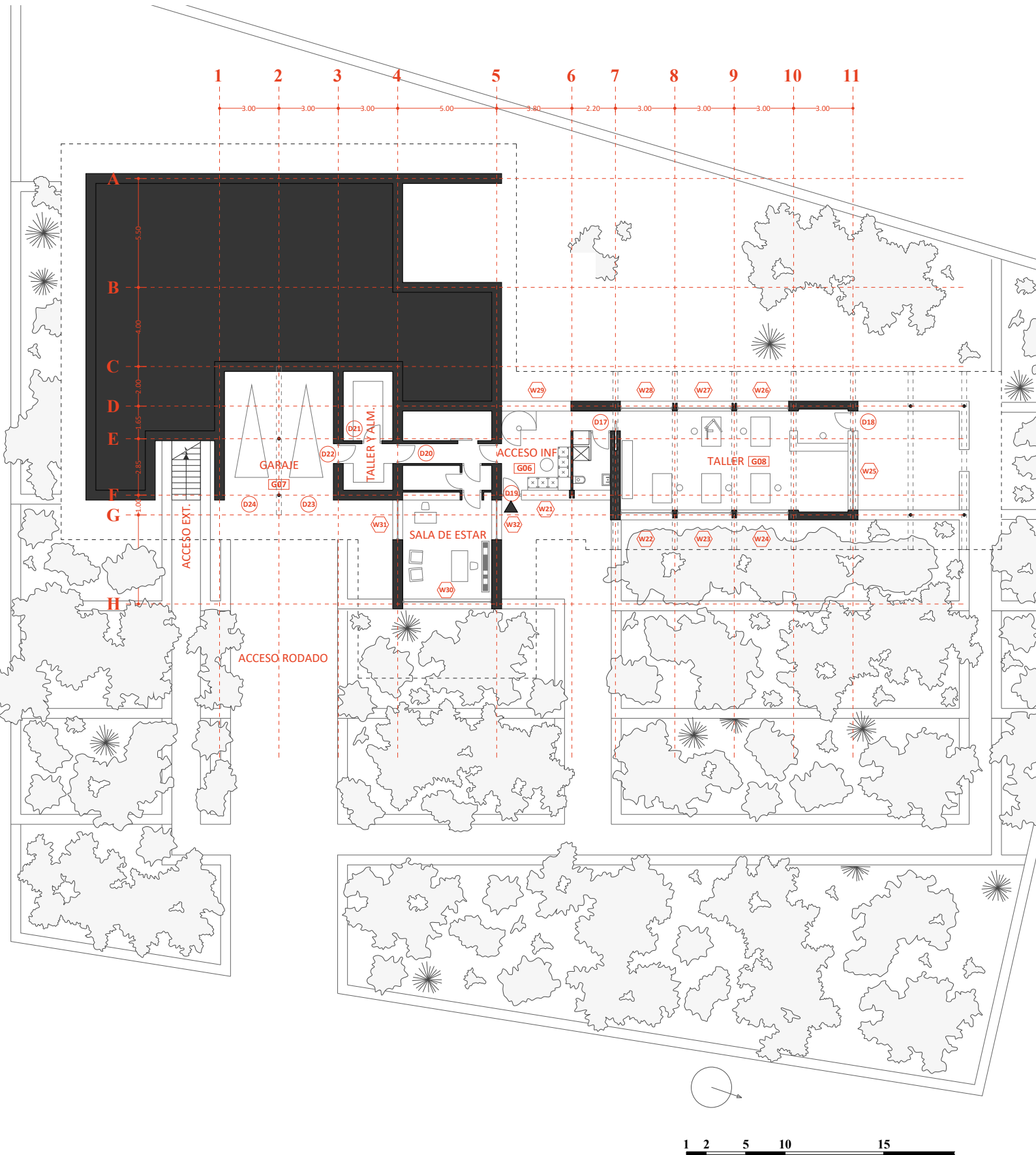


Figura 1.50. Análisis Planta Semisótano de la vivienda. Elaboración Propia.

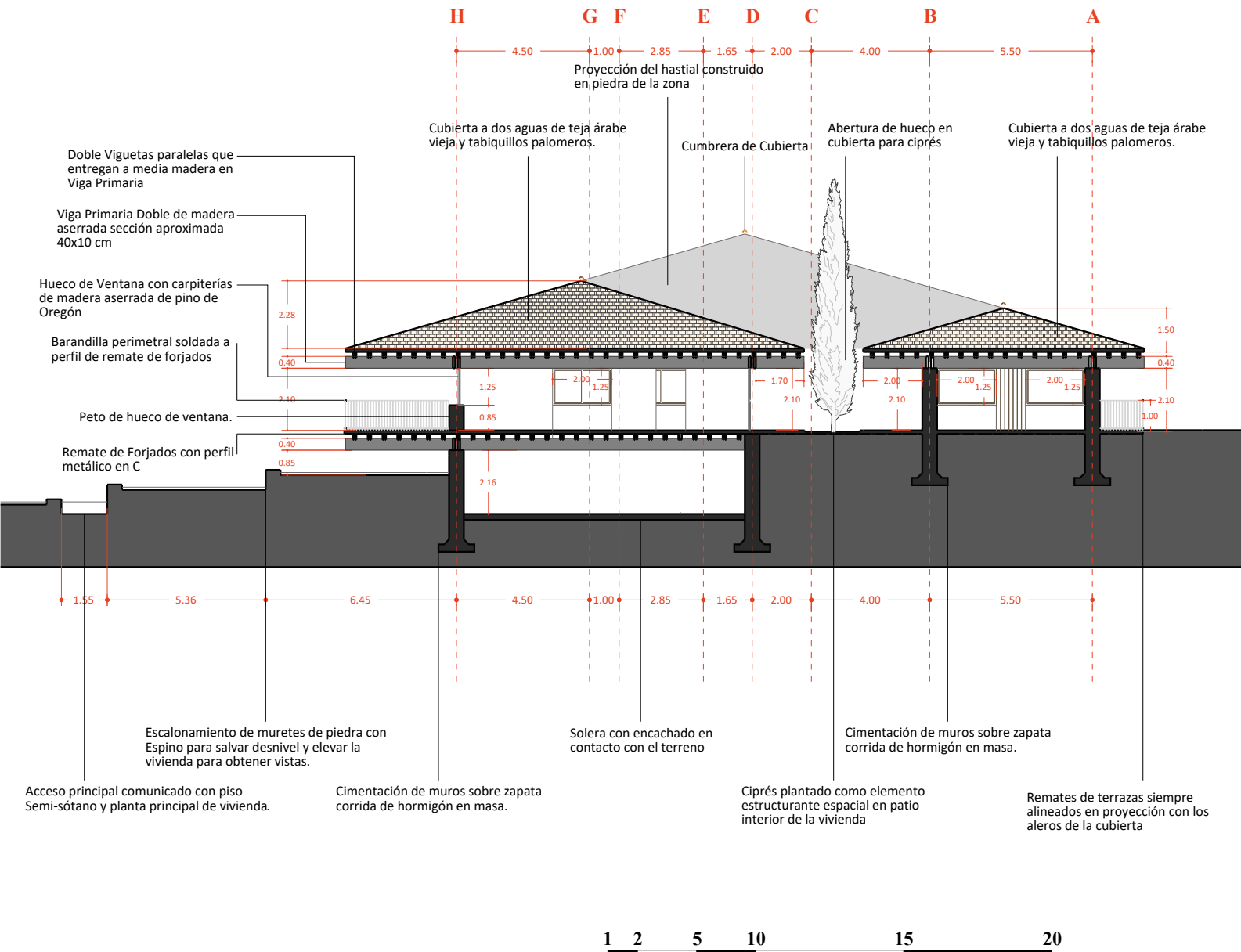


Figura 1.51. Análisis sección A-A de la Casa Lucio Muñoz. Elaboración Propia.

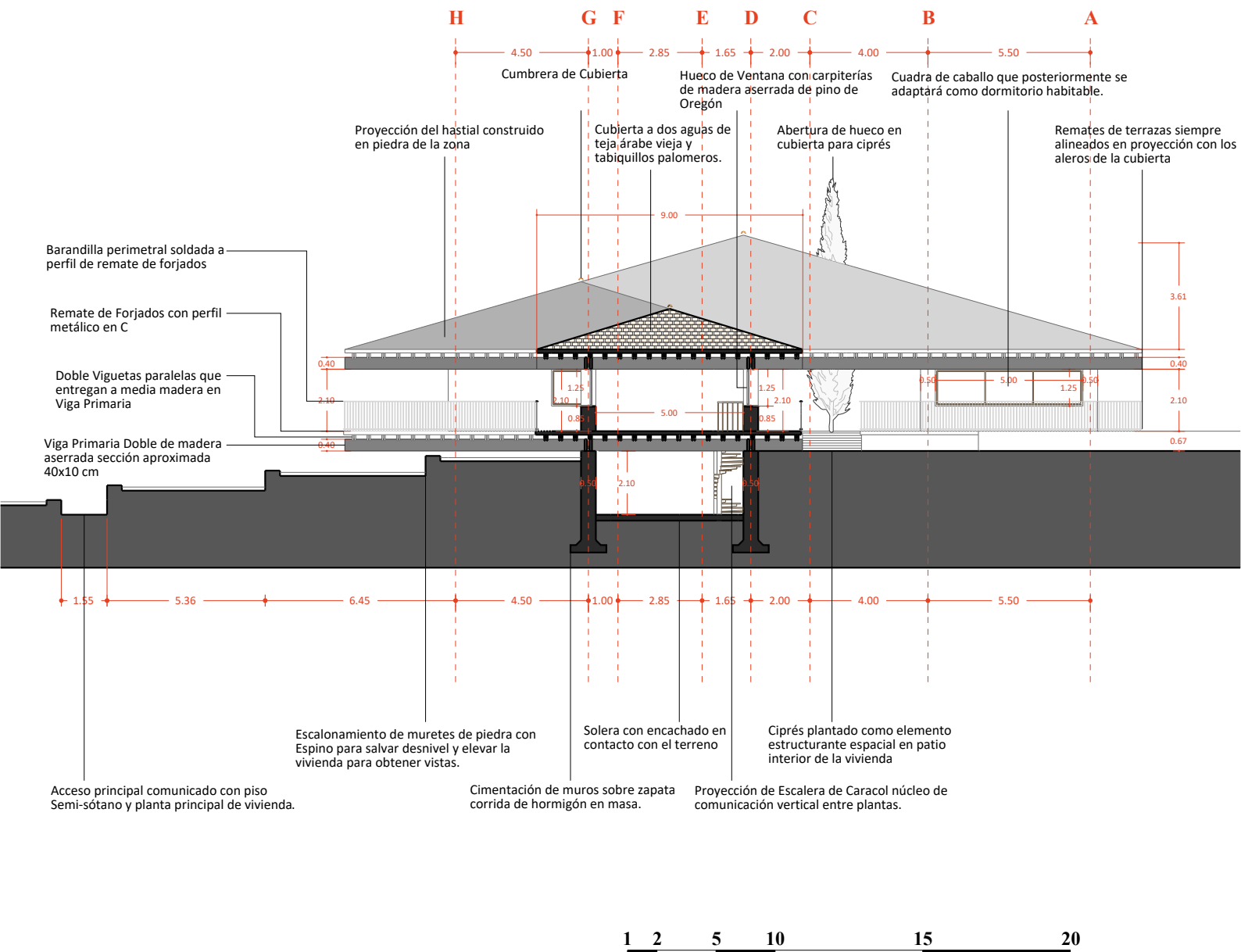


Figura 1.52. Análisis sección B-B de la Casa Lucio Muñoz. Elaboración Propia.

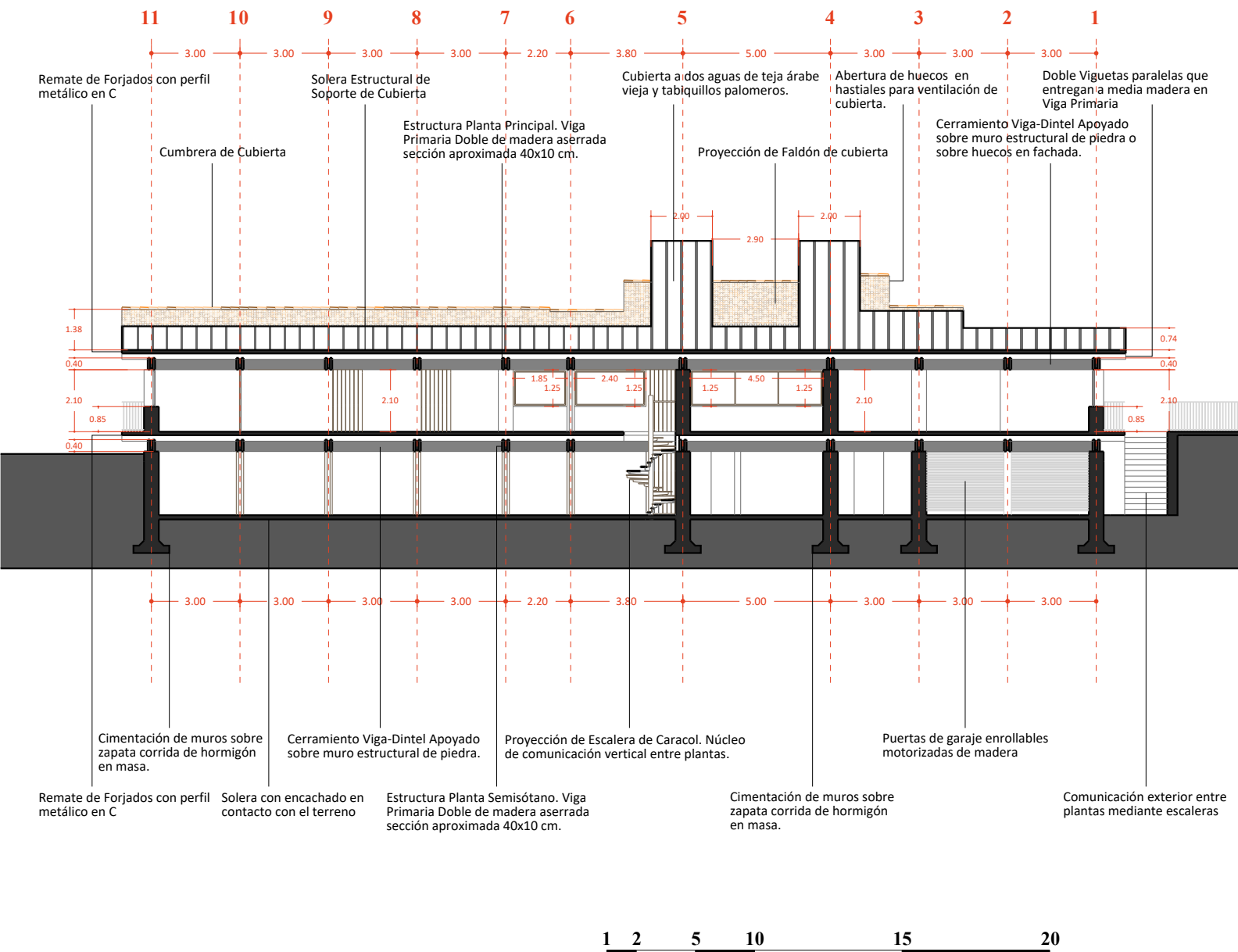


Figura 1.53. Análisis sección C-C de la Casa Lucio Muñoz. Elaboración Propia.

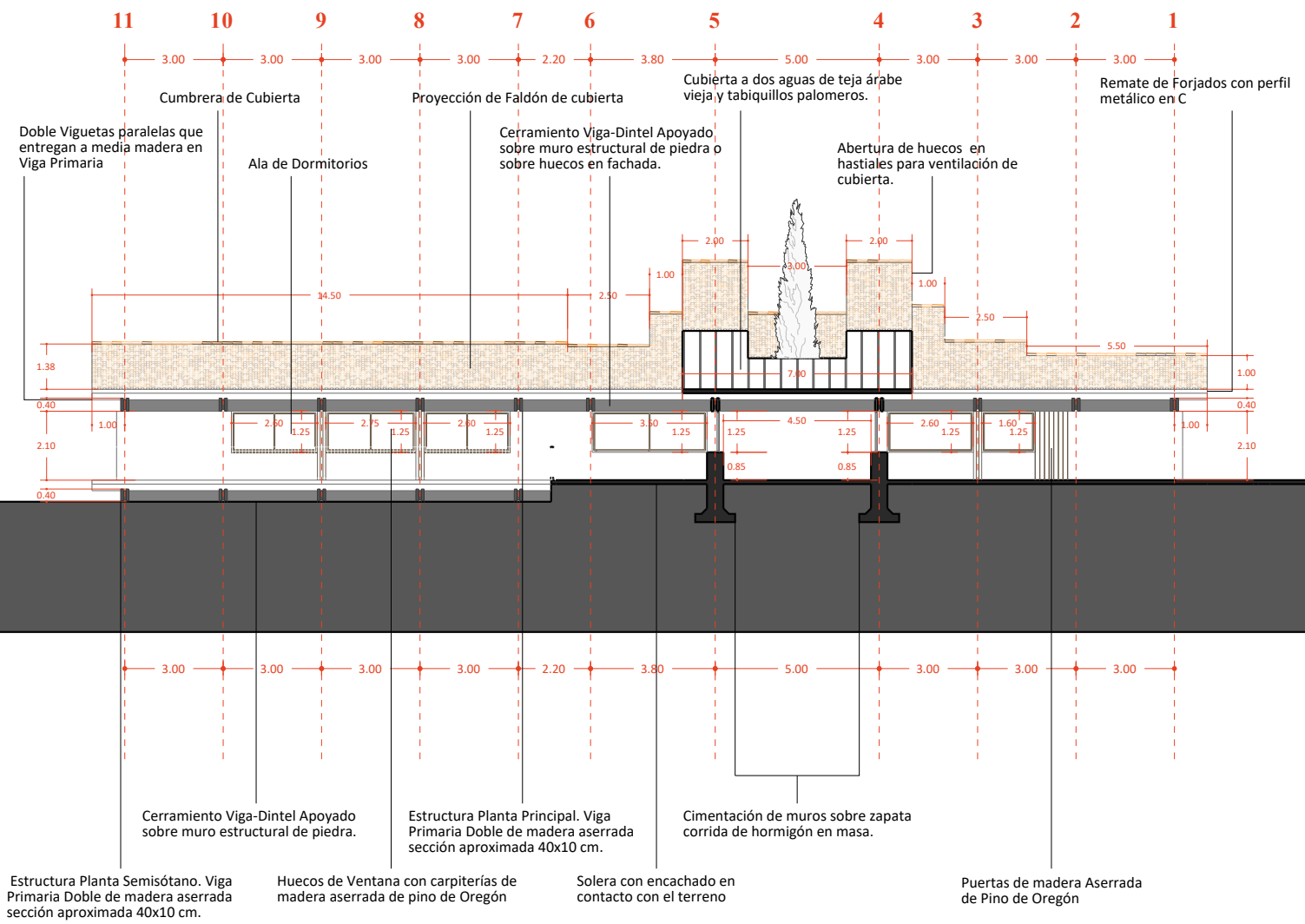
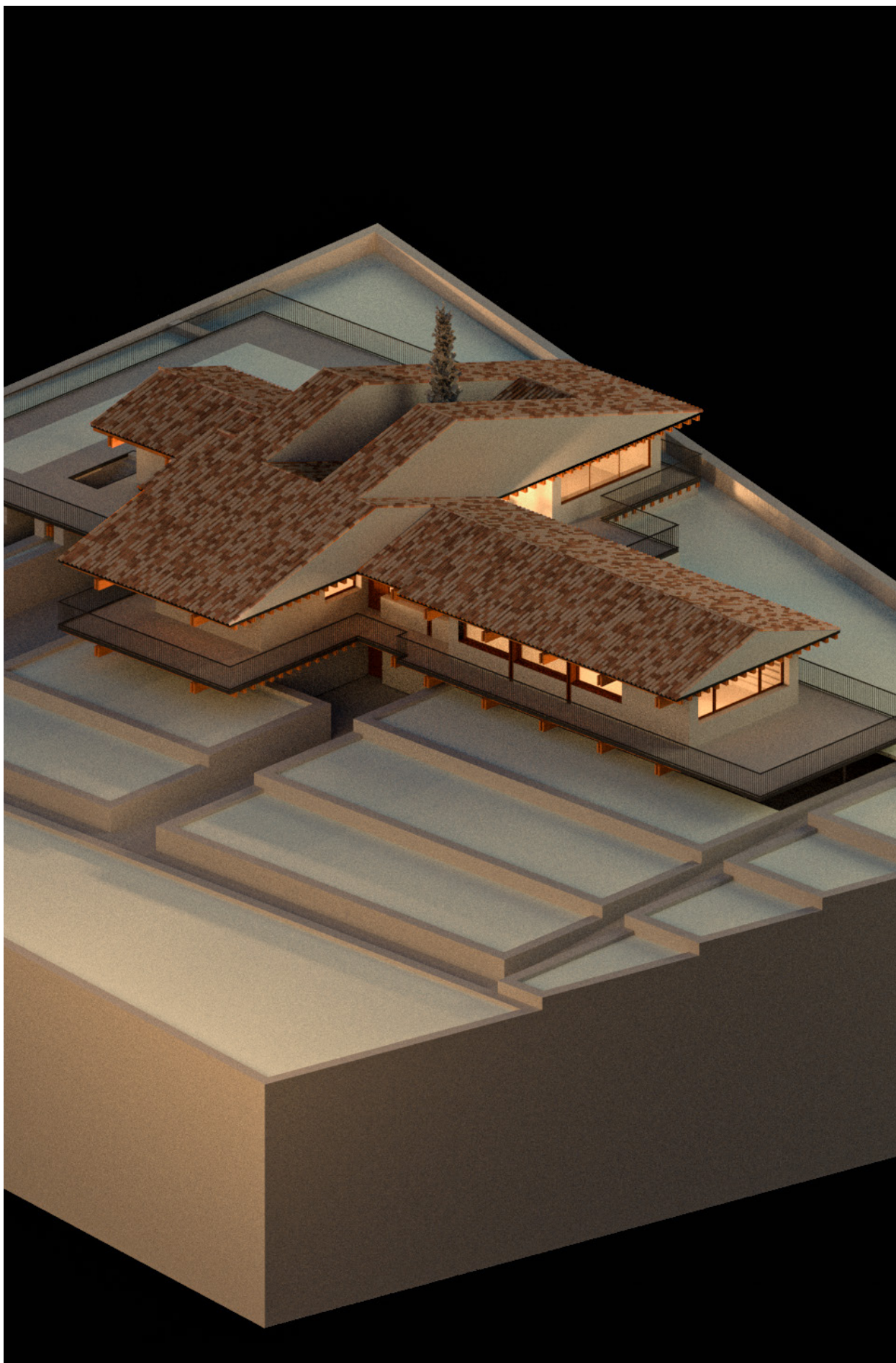


Figura 1.54. Análisis sección D-D de la Casa Lucio Muñoz. Elaboración Propia.



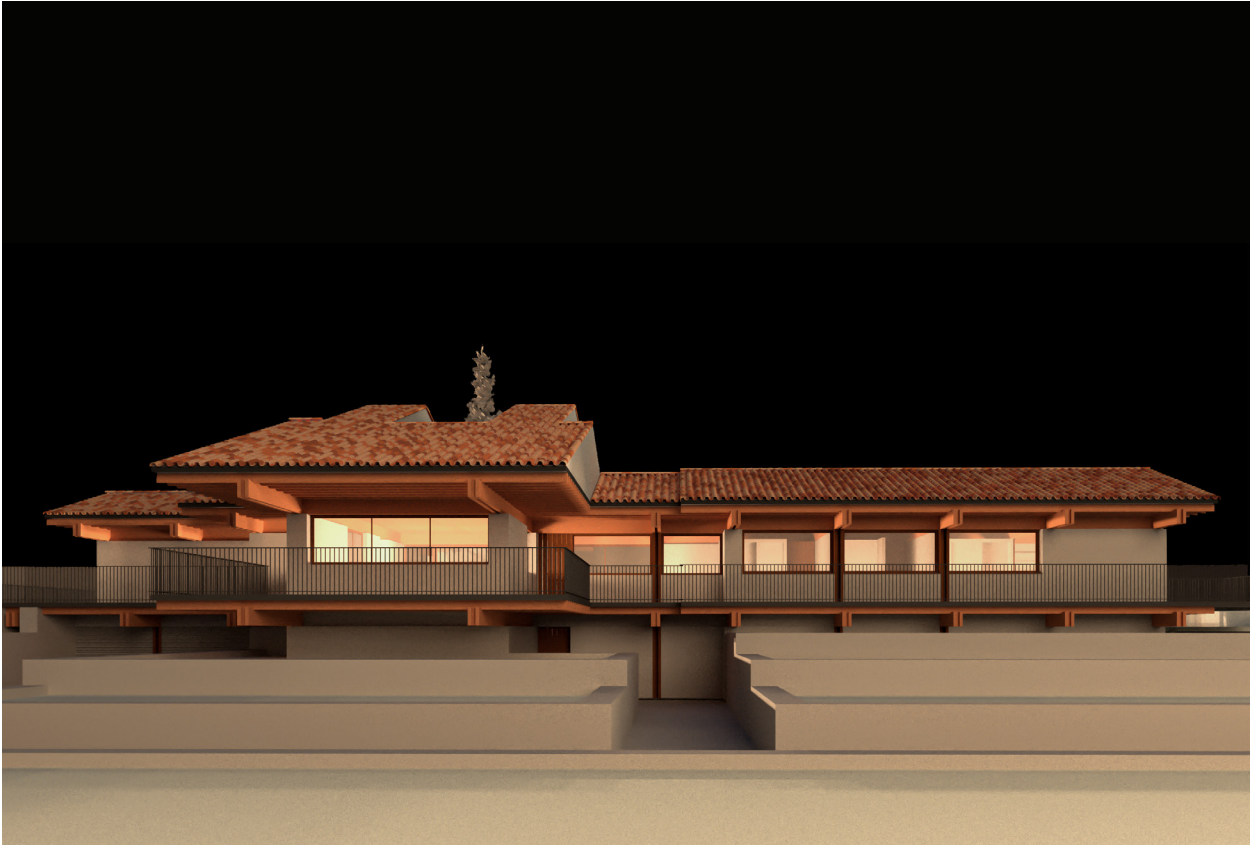
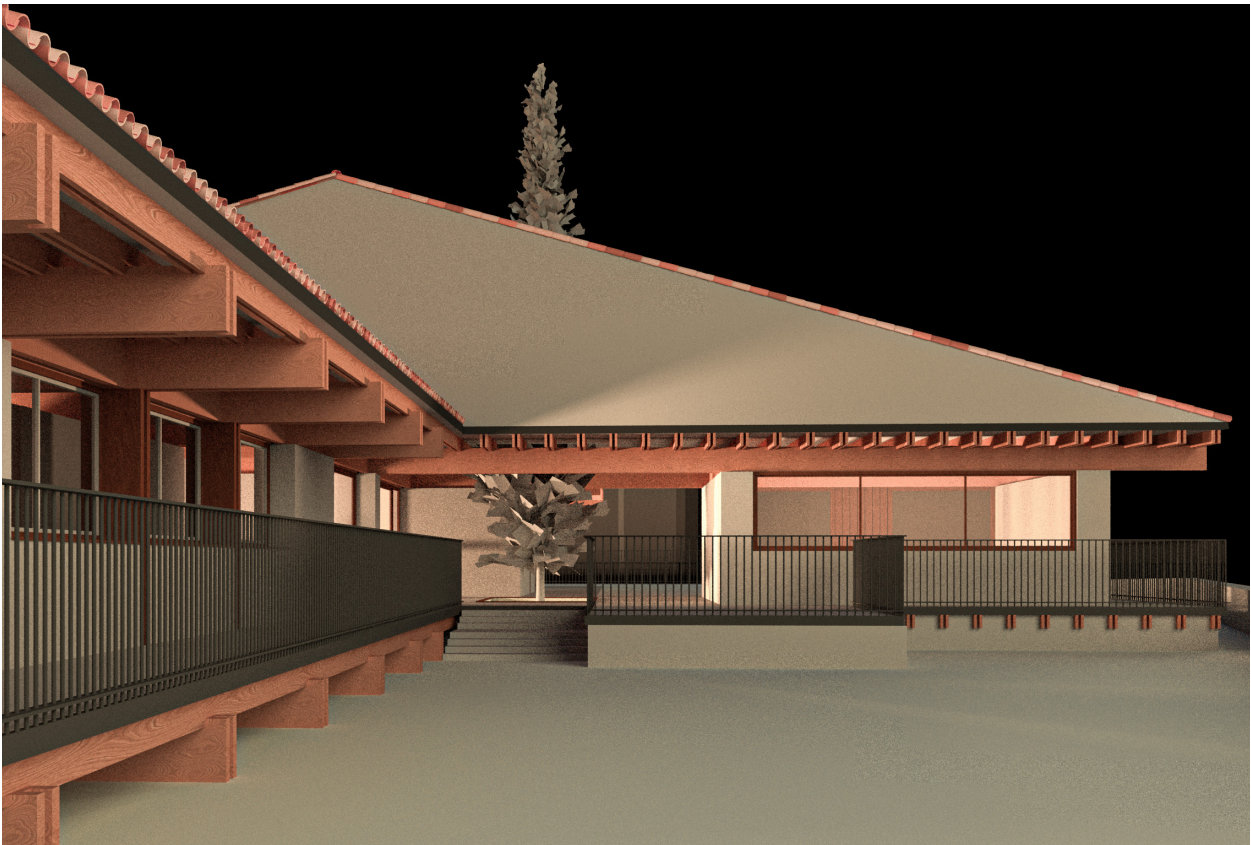


Figura 1.55. Modelo tridimensional de Estudio Casa Santonja. Vista general. Elaboración Propia.

Figura 1.56. Modelo tridimensional de Estudio Casa Santonja. Vista Este. Elaboración Propia.

Figura 1.57. Modelo tridimensional de Estudio Casa Santonja. Vista patio. Elaboración Propia.



### 1.3.2. INTERPRETACIÓN DE FOTOGRAFÍAS

A continuación, seguimos con el análisis de la vivienda a través de fotografías.

Como actualmente las viviendas no se encuentran en su estado original y han sido modificadas en mayor o menor medida, vamos a utilizar fotografías históricas o fotografías en las que se muestren elementos que no han sido modificados, ya que la intención de esta investigación es analizarlas según las proyectó Fernando Higuera en los años 60.



Comenzando por los accesos, esta imagen define muy bien algunos puntos de los que hemos ido viendo en los planos como, por ejemplo, el desnivel que utiliza Higuera para levantar la vivienda y dominar las vistas, o ese jardín aterrazado en el que Higuera decide plantar espino y que va salvando de nuevo el desnivel con escalones de piedra.

*Figura 1.58 Fotografía del tramo de acceso rodado con jardineras escalonadas.*

El acceso de tráfico rodado hacia el garaje cuenta con dos puertas que quedan divididas por la parte central con un pilar de madera que diseña Higuera y que veremos en detalle a continuación, sobre el cual vuelan las dobles vigas primarias de madera que soportan la estructura del forjado intermedio, en este caso de la terraza perimetral en vuelo.



Figura 1.59. Fotografía de acceso secundario donde se observa la estructura de forjado de madera.



Figura 1.60 Fotografía del patio interior abierto en cubierta con jardinera a cota de forjado en zona de estar.

A la izquierda observamos uno de los accesos secundarios de la vivienda, con unas escaleras flotantes. Los escalones rematan con un perfil metálico acorde con el remate de forjados que realiza Higueras como hemos visto en las viviendas de César Manrique y Lucio Muñoz.

En la conferencia impartida por Fernando Higueras en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo en 1976 explica:

“Siempre el forjado lo remato con una C metálica del 14 que hace perfecto, ahí se sueldan los barrotes, todos ellos en vez de uno sí y 5 no, van todos soldados y eso evita los gabaltones diagonales, para que se pueda mover la barandilla pero nunca se dobla.”

En ambas imágenes observamos claramente el sistema estructural que define a esta vivienda, y habiendo analizado las otras dos previamente podemos ver las similitudes.

Esta vez, en vez de encontrar una solución en la que vigas primarias de hormigón soportan unas viguetas de menor tamaño, encontramos unas vigas dobles y paralelas de madera aserrada de sección 40x7 cm que soportan unas viguetas de madera pero de sección menor, 20x3,25 cm según indicaciones de Higueras en los planos obtenidos del Archivo Histórico Digital de la Biblioteca de la UPM (1964).

En esta estructura de madera, Higueras plantea, a diferencia de las estructuras de hormigón donde simplemente apoyan unas sobre otras, entregar las viguetas de madera en las vigas primarias, haciendo una caja en esta última para unir ambas secciones.

En los extremos de las viguetas, observamos como remata con un taco en el hueco que existe entre ambas, con la intención de evitar que al trabajar de manera paralela se abran en los extremos.



En la casa Santonja volvemos a encontrar el punto conflictivo que ya descubrimos en la vivienda de Lucio Muñoz, el remate de los muros con las vigas-dintel.

Según hemos supuesto en la interpretación de planos, los muros de piedra tienen una altura de 2,1 metros y sobre estos, apoyan directamente las dobles vigas primarias de madera, disminuyendo su sección y dejando entre el interior y el exterior de la vivienda simplemente dos secciones de madera con una cámara de aire en el interior, no existe aislamiento de ningún tipo.

A la izquierda encontramos la solución de remate trabajando como una viga sobre el hueco de puerta y las ventanas de vidrio, concretamente ubicado en el patio interior donde se abrirá el hueco para el ciprés.

En la figura de la derecha encontramos el remate trabajando simplemente como un cerramiento que apoya en el muro.

En esta misma Figura 1.62 encontramos también una junta entre las viguetas ya que al tener la vivienda unas dimensiones considerables y tratarse de madera, las vigas tienen que contar con esta previsión de realizar juntas.

Estas juntas coinciden con las dobles vigas primarias y se rematarán de igual manera que hemos visto en las fotografías anteriores, con un taco en el extremo donde, desde esta perspectiva se observan unos clavos que serán los que lo soporten y aten las diferentes piezas paralelas para trabajar de manera uniforme y evitar que abran en los extremos.



*Figura 1.61. Fotografía de zona de estar con solución Viga-Dintel sobre hueco de ventanas y puertas.*

*Figura 1.62. Fotografía de muro de piedra estructural con remate superior de madera.*



Figura 1.63. Fotografía exterior fachada dormitorio principal con testeros en piedra vista.



Figura 1.64. Fotografía terraza con testeros en piedra vista y mechinales de bajo cubierta.

Desde el exterior de la vivienda nos hacemos una idea general de lo que hemos ido comentando en las otras fotografías.

El siguiente punto a analizar es la cubierta.

“La cubierta a dos aguas como toda la vida se han hecho las cubiertas, con teja como han sido siempre, las vigas que vuelan  $1/3$  y  $1/3$  del vano y la estructura que es el único sistema ornamental”. (Higueras, 1976)

Replicará la decisión de hacer los frontones de piedra en vez de algo ligero y acabado en blanco como especificamos en el análisis de la vivienda de Lucio Muñoz, donde comentaba que fue muy criticado por ello pero finalmente terminó encantado.

Aparentemente las cubiertas tienen una pendiente muy pequeña para tratarse de teja árabe, como de unos 16 grados según hemos calculado en la interpretación de los planos.

Según algunos detalles que existen de obras de Fernando Higueras y que encontramos en el Archivo Histórico Digital de la Biblioteca de la UPM (1964), la cubierta podría estar formada por:

Primero de todo, colocado sobre la estructura de madera encontramos un entablado de encofrado perdido de  $10 \times 100$  cm, sobre este un cartón asfáltico (primera vez en las 3 viviendas que hemos encontrado señal de impermeabilización), una capa de compresión de 8 cm, y sobre esta solera los tabiquillos palomeros distanciados 50 cm entre sí, donde apoyaremos los tableros dobles de rasilla (1º con yeso 2º con cemento) y por último una capa de hormigón muy ligera bajo las tejas viejas.

En ambas imágenes encontramos en los frontones pequeños mechinales de ventilación del bajo cubierta.



Con respecto al interior de la vivienda, Higuera tiene un dominio absoluto de las orientaciones y las aberturas de huecos en función de estas, de mayor o menor tamaño, para crear estas atmosferas. Estas orientaciones se tendrán muy en cuenta en el análisis energético y entenderemos cómo funcionan

La estructura horizontal de forjados quedará vista en el interior, concediendo las alturas de las puertas a 2,1 m de alto tanto en el exterior como en el interior.

En la imagen de la izquierda encontramos la zona de estar, con la viga doble primaria apoyada sobre el muro en contacto directo con el exterior, con un acabado interior de piedra vista.

En la imagen de la derecha encontramos la zona privada de la vivienda, con el pasillo que comunica los dormitorios y los baños. En concreto la fotografía está tomada desde el dormitorio principal y se puede observar como el acabado en esta zona irá enfoscado y pintado de blanco a la cal con 3 manos. (Higuera, 1963)

Todas las carpinterías de la vivienda, tanto en ventanas como puertas son de pino de Oregón.

*Figura 1.65 Fotografía Interior de la vivienda con piedra vista y elemento remate de muro.*

*Figura 1.66 Fotografía interior zona de dormitorios con acabado a la cal pintado de blanco. Estructura principal pasante que funciona como dintel interior.*





## **2. ESTUDIO ENERGÉTICO COMPARATIVO DE LAS 3 VIVIENDAS**

2.1. INTRODUCCIÓN

2.2. COMPARACIÓN CONSTRUCTIVA DE LA ENVOLVENTE ORIGINAL Y PROPUESTAS DE MEJORA

2.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CE<sub>3</sub>X

## 2.1. INTRODUCCIÓN

Una vez analizadas las 3 viviendas a través de las fotografías, planos históricos, nuestras propias interpretaciones en las plantas, secciones y modelándolas en 3D, se propone un estudio de todas ellas para entender su comportamiento energético.

Para llevar a cabo este análisis será fundamental la información obtenida del Archivo Histórico Digital de la UPM y de los planos y memorias consultadas del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

En este análisis previo llevado a cabo en la investigación hemos localizado algunos puntos conflictivos que vamos a estudiar a continuación a través de detalles constructivos a una escala mucho más comprensiva. Estos puntos conflictivos se enmarcan dentro de la envolvente térmica.

Principalmente podemos deducir los siguientes:

- Los muros de carga que soportan la estructura de vigas prefabricadas tanto de hormigón como de madera, están contruidos simplemente con un muro de piedra de 40cm ó de 50cm dependiendo de la vivienda y con un enfoscado de cal interior en algunas dependencias concretas.

- Quizá uno de los puntos conflictivos más claros que hemos deducido son los remates superiores de los muros. Los muros de piedra macizos tienen una altura de 2,1 metros, sobre los que apoyará la estructura que corresponda dependiendo de la vivienda que se trate, pero desde este nivel de 2,1 m hasta el encuentro con la losa superior, se disponen unos elementos que arriostran a las vigas en su dirección débil. Podrán ser de fábrica de ladrillo si se remata sobre un muro estructural, o una viga de hormigón armado si existe la necesidad de abrir un hueco para una ventana o una puerta. Estos elementos dintel, no cuentan con ningún tipo de aislamiento más allá de las chapas que cierran del exterior y que soportan la caja de las ventanas, por lo que los entenderemos también como puntos conflictivos.

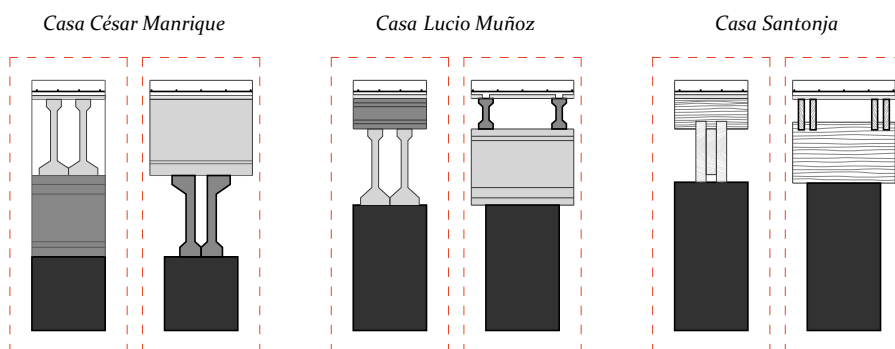


Figura 2.1. Secciones transversales y longitudes de los remates de muros en las 3 viviendas. Elaboración Propia.

- La cubierta apoya sobre una losa que a su vez apoya sobre la estructura unidireccional de las viviendas. Sobre esta se disponen los tabiquillos palomeros que rematarán con unos tableros dobles de rasilla, una impermeabilización de cartón asfáltico y sobre este, la teja árabe vieja. Al no contar con ningún aislamiento más allá de la gran cámara de aire que alberga, entendemos la cubierta como otro punto conflictivo.

- Los forjados de las 3 viviendas suponen un punto conflictivo en su totalidad. Al estar todas las viviendas en pendiente, el extremo más enterrado se resuelve con una losa en contacto directo con el terreno, mientras que según se va salvando el desnivel aparecen forjados sanitarios y por último voladizos. Ningún forjado de la vivienda funciona energéticamente bien, aunque la solución que se podría estudiar será muy difícil de ejecutar debido a que la altura libre hasta las vigas es de 2,1 metros y por lo tanto, pensar en añadir aislamiento sería reducir aún más la altura libre de los dinteles de la vivienda.

- Los petos inferiores que cierran la envolvente soportando las carpinterías, cuentan con una hoja exterior de piedra, una cámara de aire, un tabique interior y una red de tubos de calefacción registrables, pero no consta existencia de impermeabilizaciones ni de aislamientos térmicos, por lo que todo el peto en sí es un punto débil que vamos a analizar.

Planteados los puntos conflictivos, vamos a hacer una suposición de cómo podrían haberse construido con los datos que hemos obtenido hasta la fecha, y además, vamos a proponer unas mejoras intentando adaptarlos a un contexto constructivo actual.

A continuación, se van a mostrar en comparación las secciones constructivas de cerramiento de envolvente térmica de las 3 viviendas en su estado original y con unas propuestas de mejora planteadas en base a nuestros análisis, respetando las características estéticas que definen esta arquitectura. Esto conlleva bastantes limitaciones y no ha permitido, en ningún caso, resolver por completo los puentes térmicos, sino tan solo mejorar el comportamiento de los puntos críticos.



## **2. ESTUDIO ENERGÉTICO COMPARATIVO DE LAS 3 VIVIENDAS**

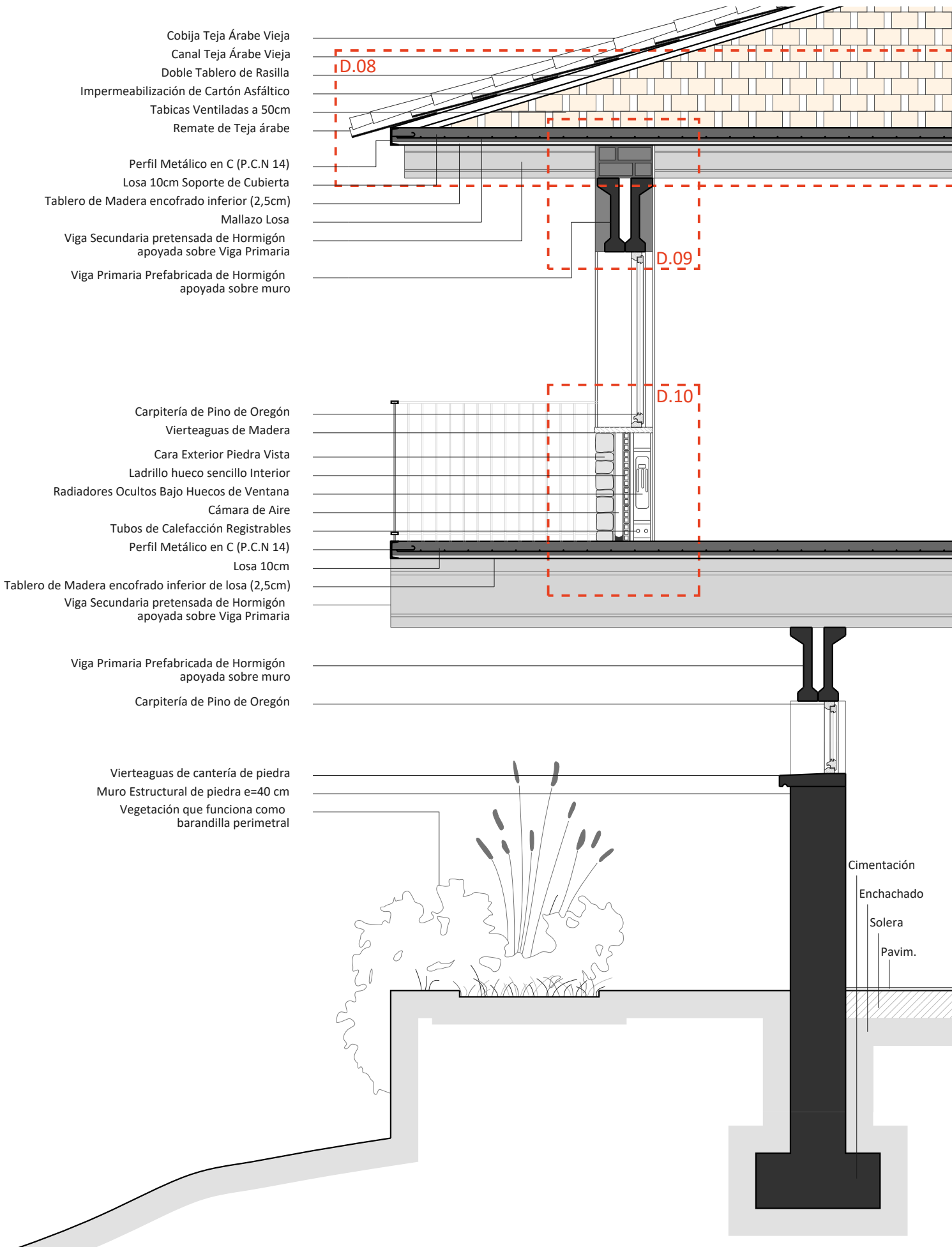
1.1. INTRODUCCIÓN

1.2. COMPARACIÓN CONSTRUCTIVA DE LA ENVOLVENTE  
ORIGINAL Y PROPUESTAS DE MEJORA

2.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CE<sub>3</sub>X

Figura 2.2. Detalle constructivo Casa Manrique, estado original. Elaboración propia.

Figura 2.3. Detalle constructivo Casa Manrique, propuestas de mejora. Elaboración propia.



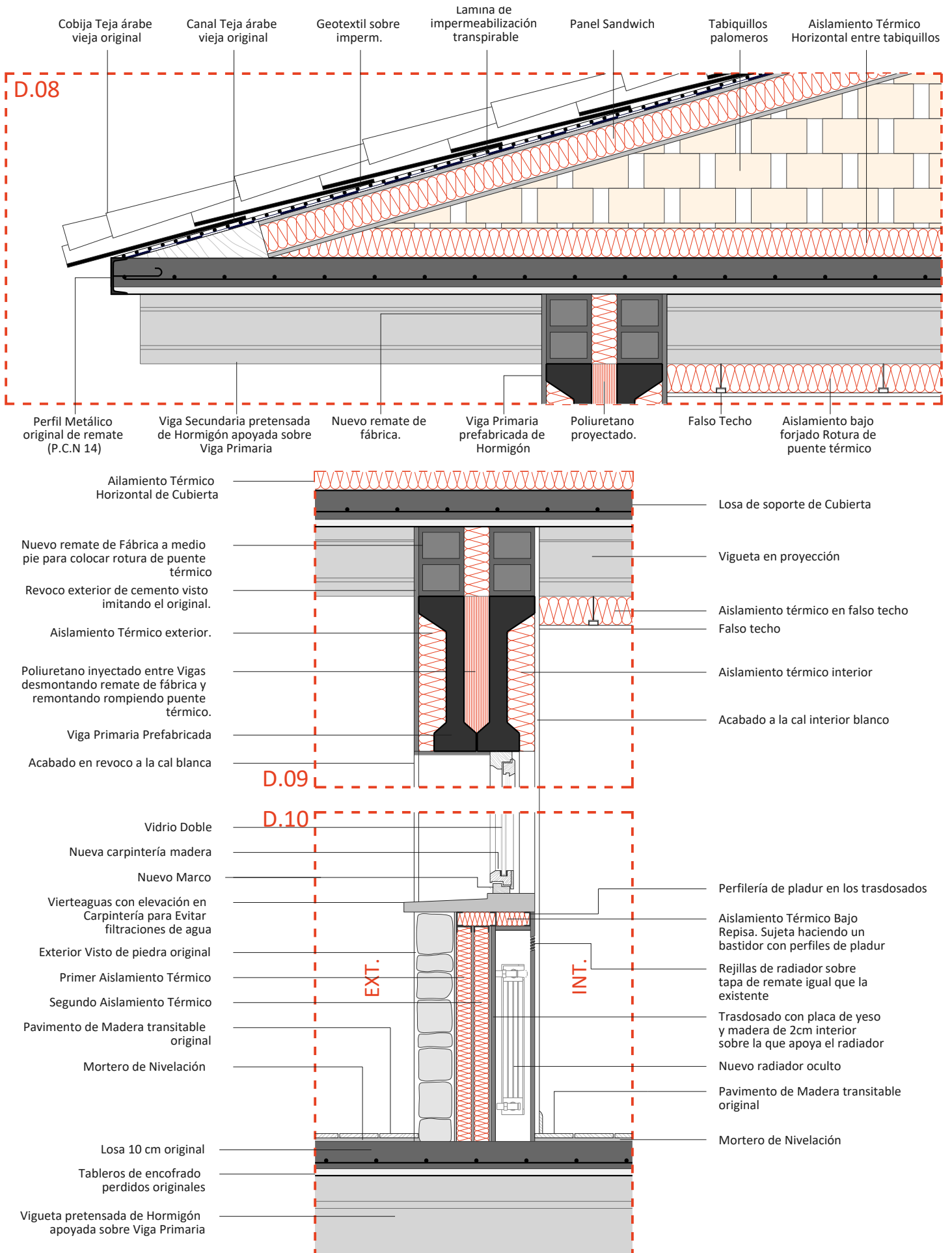
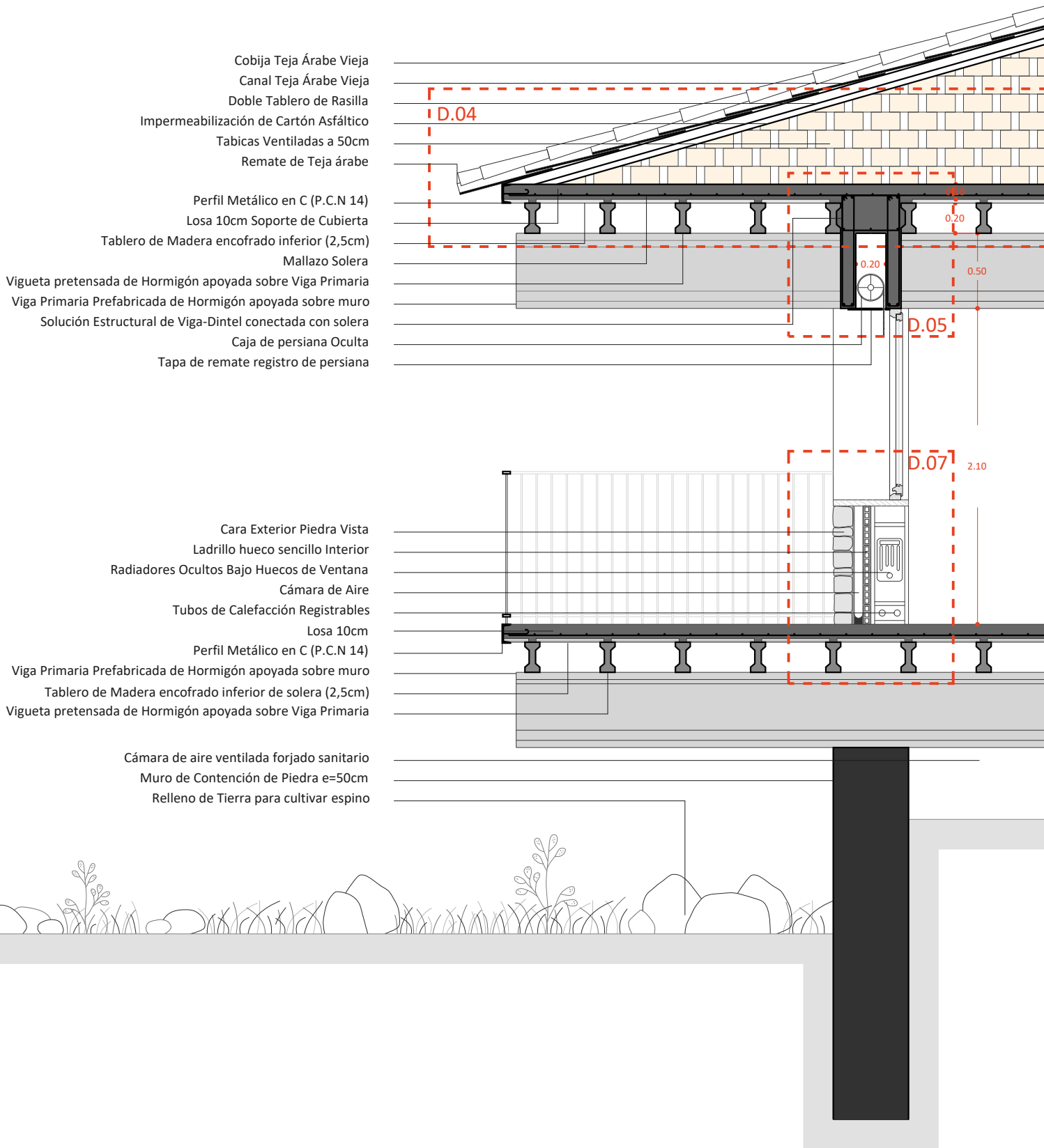


Figura 2.4. Detalle constructivo Casa Lucio Muñoz, estado original. Elaboración propia.

Figura 2.5. Detalle constructivo Casa Lucio Muñoz, propuestas de mejora. Elaboración propia.



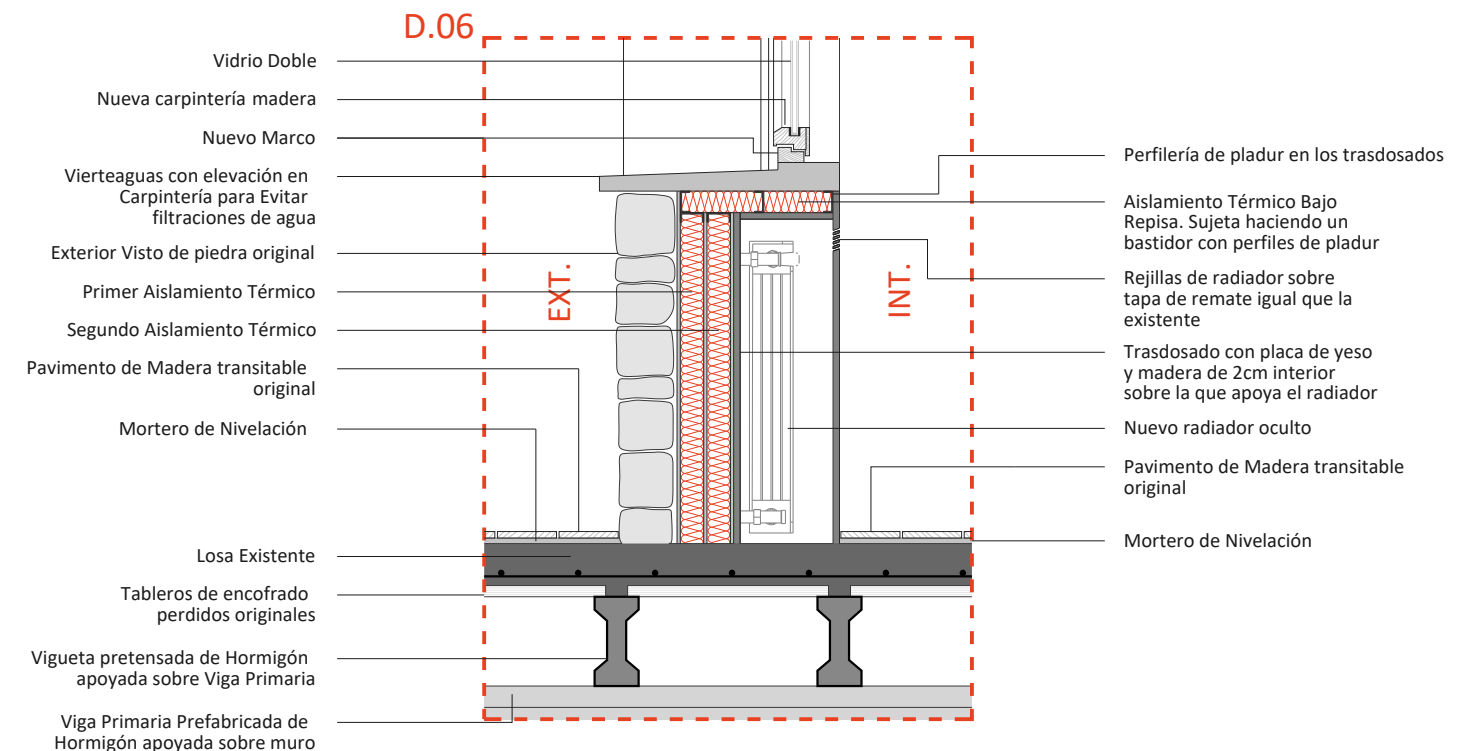
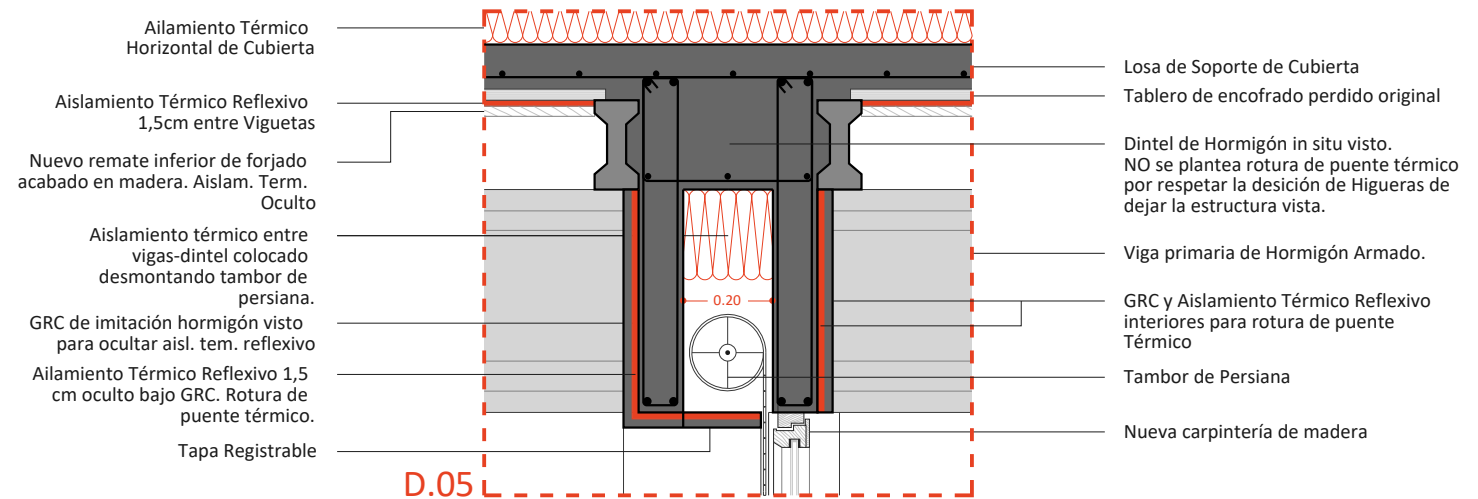
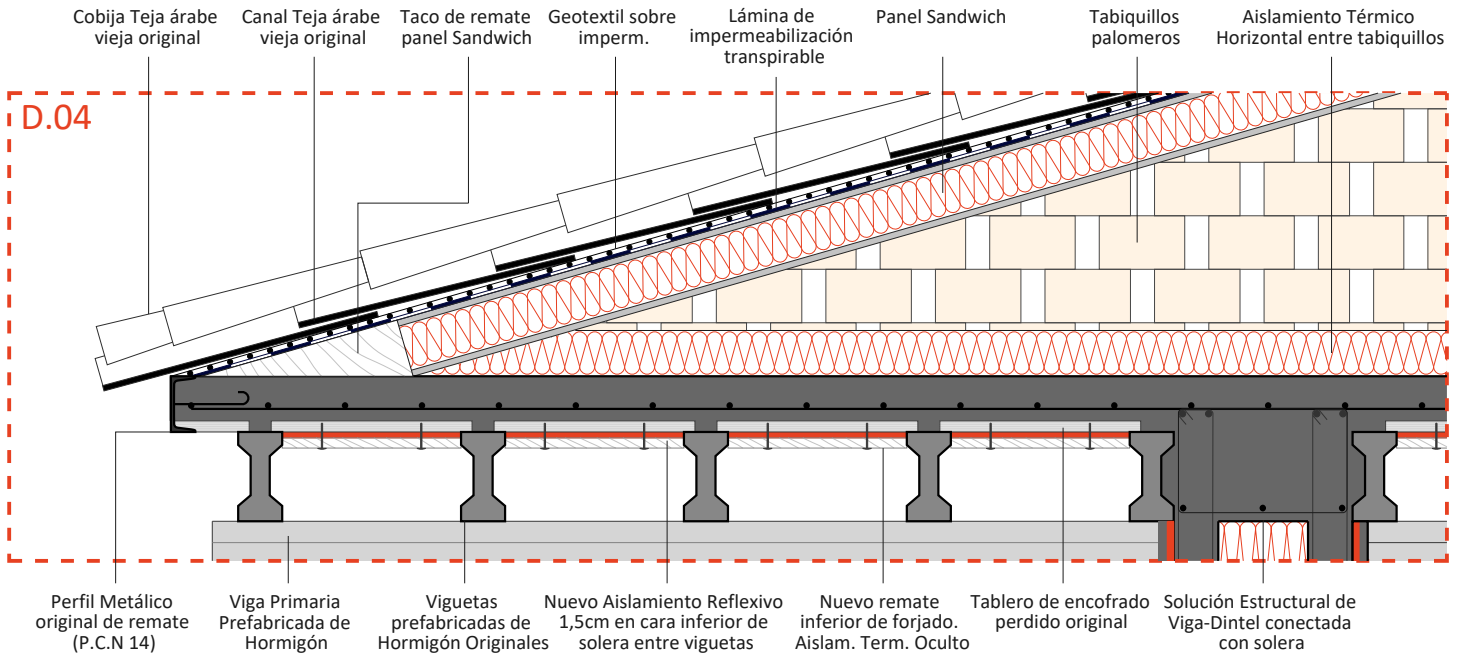
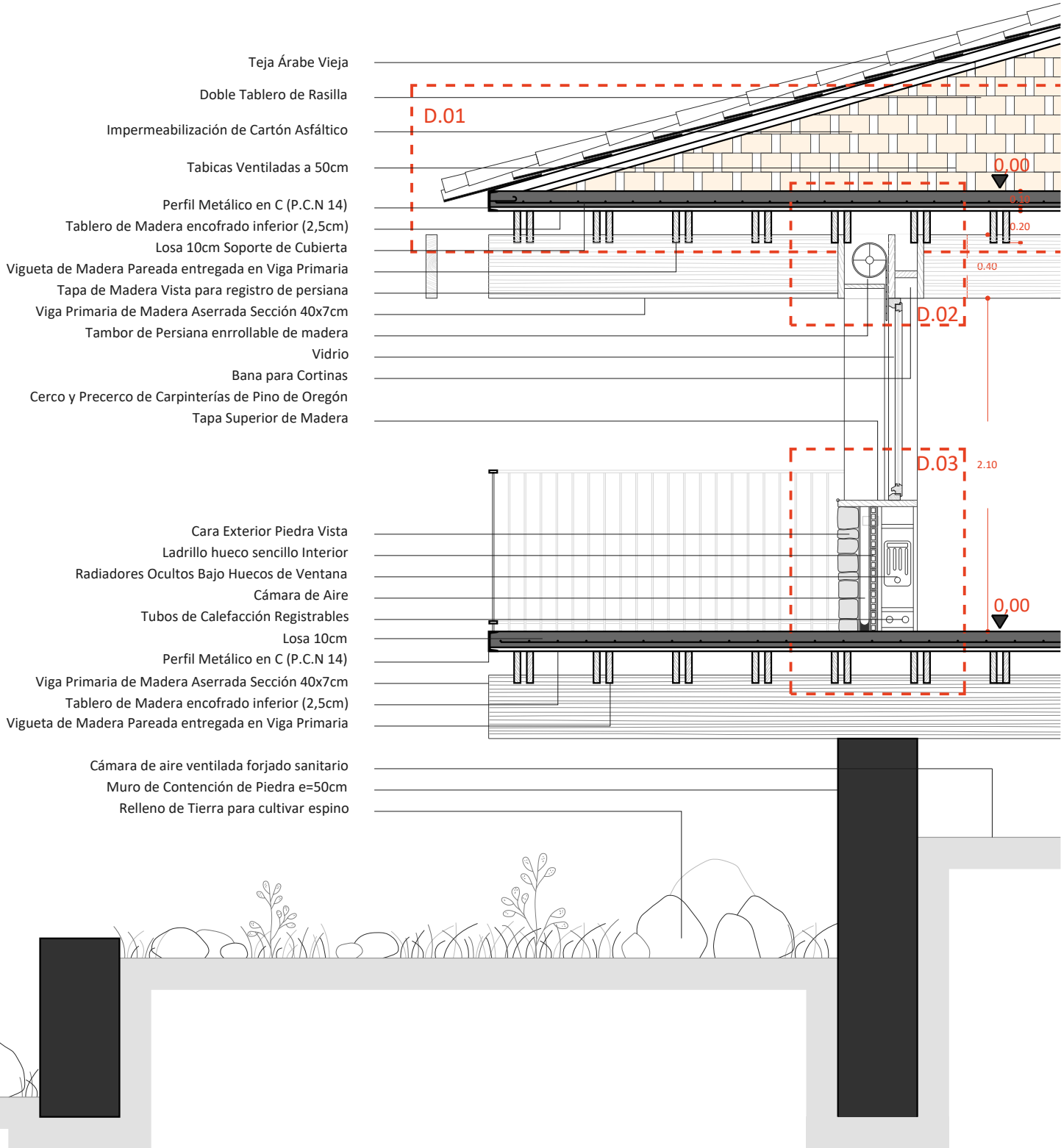
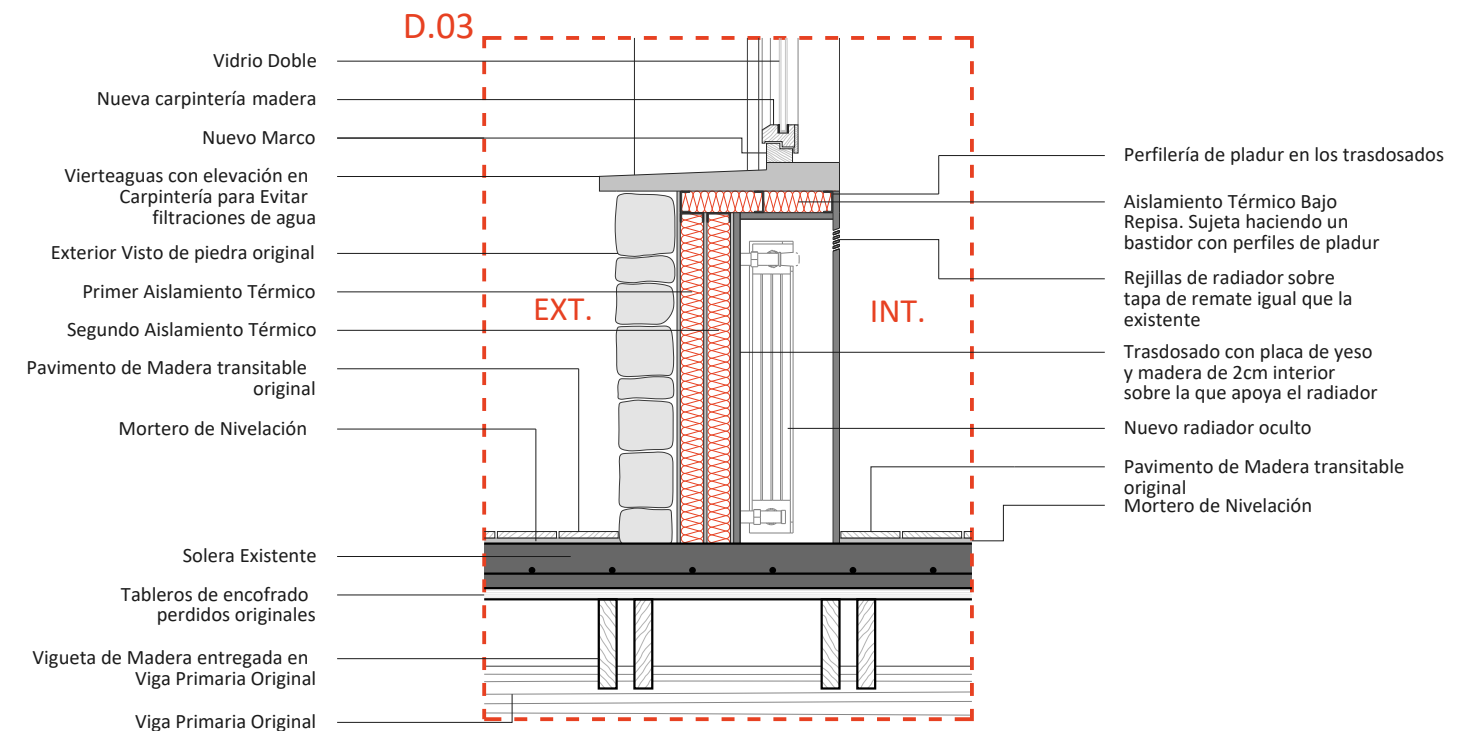
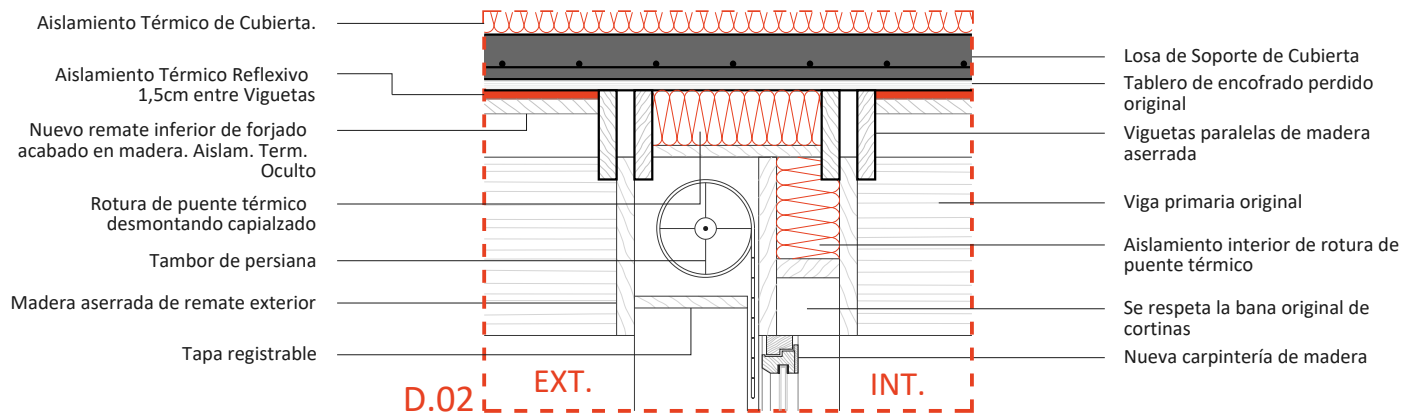
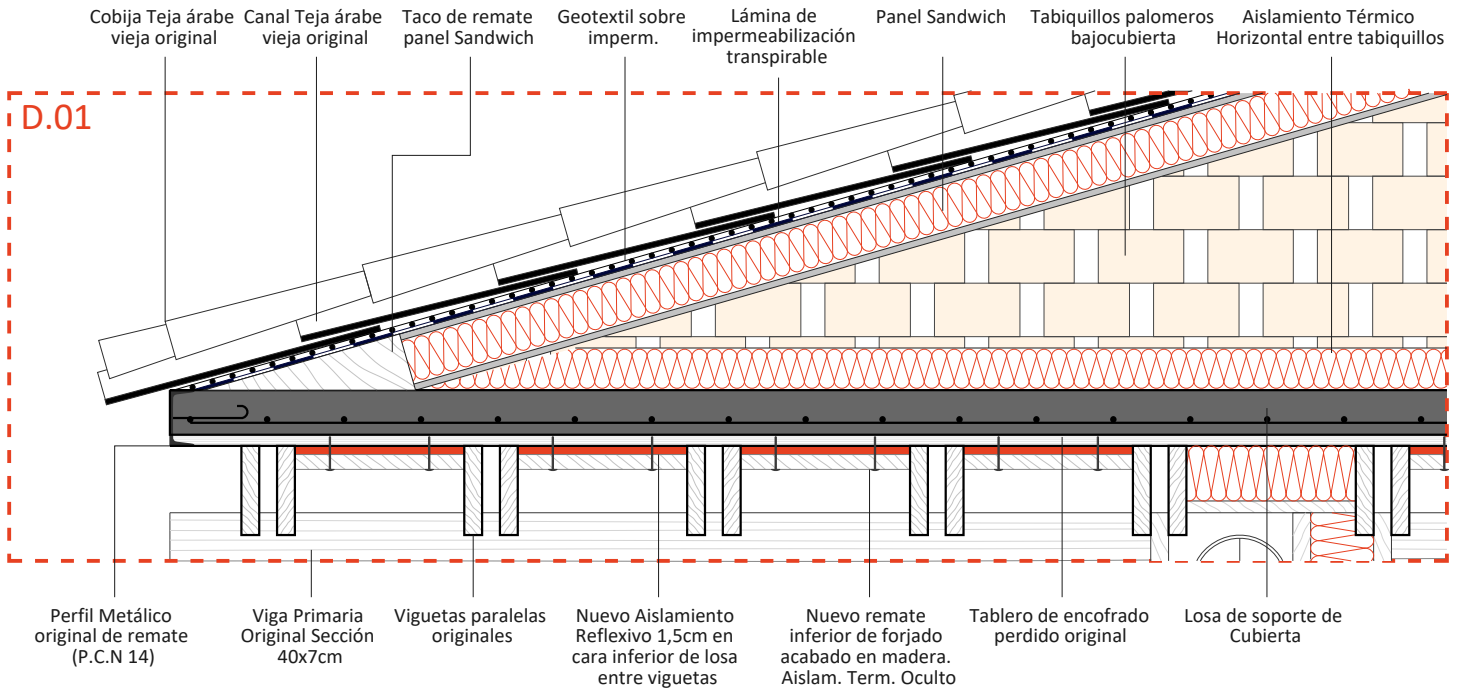


Figura 2.6. Detalle constructivo Casa Santonja, estado original. Elaboración propia.

Figura 2.7. Detalle constructivo Casa Santonja, propuestas de mejora. Elaboración propia.







## **2. ESTUDIO ENERGÉTICO COMPARATIVO DE LAS 3 VIVIENDAS**

1.1. INTRODUCCIÓN

1.2. COMPARACIÓN CONSTRUCTIVA DE LA ENVOLVENTE  
ORIGINAL Y PROPUESTAS DE MEJORA

2.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CE<sub>3</sub>X

### 2.3.1. ANÁLISIS DE DATOS

Planteadas las secciones materiales concretas de nuestra envolvente térmica podemos empezar con el estudio energético.

Para esto recurriremos al programa CE3X, «Documento Reconocido para la Certificación Energética de Edificios Existentes».

Este programa ha sido desarrollado por Efinovatic y por el Centro Nacional de Energías Renovables (CENER), y se adapta a una gran variedad de situaciones y permite distintas posibilidades de inserción de datos para los casos de estudio. (Efinovatic, 2013)

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE, 2012) explica lo siguiente en el Manual de usuario de CE3X:

“Este procedimiento de certificación consiste en la obtención de la etiqueta de eficiencia energética, incluida en el documento de certificación generado automáticamente por la herramienta informática, que indica la calificación asignada al edificio dentro de una escala de siete letras, que va desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente). Incorpora además una serie de conjuntos de medidas de mejora de eficiencia energética, la nueva calificación que la aplicación de cada conjunto de medidas de mejora supondría y la posibilidad de realizar un análisis económico del impacto de dichas medidas basado en los ahorros energéticos estimados por la herramienta o las facturas de consumo de energía.”

Para la realización de este estudio será fundamental el apoyo en el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (2006).

A continuación, se procede a explicar paso a paso, desde la introducción de los datos generales de las viviendas hasta las conclusiones energéticas que nos proporciona CE3X.

Primero de todo, a modo de explicación general, se nombran los 4 apartados que divide el programa para la obtención del cálculo energético:

- Datos Administrativos
- Datos Generales
- Envolvente térmica
- Instalaciones



La demanda diaria de ACS se establece en el CTE-DB-HS anejo F:

“La demanda de referencia de ACS para edificios de uso residencial privado se obtendrá considerando unas necesidades de 28 litros/día-persona (a 60°C), una ocupación al menos igual a la mínima establecida en la tabla a-Anejo F.”

**Tabla a-Anejo F. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado**

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

Figura 2.12. Tabla a-Anejo F. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado. Obtenida del CTE-DB-HE.

	MANRIQUE	LUCIO MUÑOZ	SANTONJA
Nº Dormitorios	2	5	2
Nº de personas	3	6	3
Demanda de Acs	84	168	84

Figura 2.13. Tabla Ocupación y demanda de ACS de viviendas. Elaboración propia.

## ENVOLVENTE TÉRMICA

Dentro de la envolvente térmica se van a definir elementos como la cubierta, los muros en contacto con el terreno, las fachadas en contacto con el exterior y definir orientaciones, los huecos que tiene cada una de las fachadas, los puentes térmicos que se han definido....

CE3X organiza la envolvente dividiendo los siguientes elementos:

- Cubierta.
- Muro: en contacto con el terreno o fachada libre.
- Suelo.
- Huecos.
- Puentes térmicos.

En el apartado de **cubierta** se estudia la planteada, de tabiquillos palomeros, ventilada, con una losa de 10 cm que apoya sobre la estructura de madera u hormigón dependiendo de la vivienda a la que se refiera, en la que se introducirá toda su superficie en correspondencia con la vivienda que se esté estudiando.

En el apartado de **muros**, se van a diferenciar los que están en contacto con el terreno como muros de contención (introduciendo la superficie en m<sup>2</sup>) y los que están en contacto con exterior, definiendo siempre sus características constructivas.

Estos últimos, los que se encuentran en contacto con el exterior se dividen entre superficie con huecos y superficie maciza.

El programa cuenta con una librería de cerramientos en la cual podemos introducir y modificar nuestras secciones previamente diseñadas y obtener valores de conductividad térmica (W/mK) y densidad (kg/m<sup>3</sup>).

Los **suelos** cuentan también con una diferenciación entre los que están en contacto con el terreno, y los que están en contacto con el exterior ya sea porque se trata de un forjado sanitario o porque se encuentran en un voladizo, los cuales encontramos algunos en estas viviendas.

Para los **huecos** se tendrá en cuenta la superficie de cada uno de ellos, sumada a la orientación de la fachada sobre la que se encuentran, además del porcentaje de carpintería en función del vidrio, la permeabilidad del hueco (que se supondrá poco estanca), la absortividad del marco dependiendo de su color, donde en estos casos será marrón ya que se tratan de carpinterías de pino de Oregón, también se estimarán unas propiedades térmicas en función del tipo de vidrio y tipo de marco que se apliquen, que será de vidrio simple y marcos de madera. En los huecos, Higuera recurre a estrategias y soluciones constructivas que salvan cargas por radiación como, por ejemplo, plantear los voladizos perimetrales a la vivienda y retranquear las carpinterías a haces interiores.

Dentro del apartado de puentes térmicos el programa sugiere algunos ejemplos como pilares integrados en la fachada, pilares en esquina, contorno de los huecos, caja de las persianas, encuentro de fachada con forjados y cubiertas etc...

Las 3 viviendas analizadas se podrían interpretar como un puente térmico en su conjunto ya que no cuentan con más aislamientos que los propios que generan las cámaras de aire en los petos de las ventanas y la cubierta.

Todos los datos que se introducen en el programa han sido previamente estudiados y obtenidos de todo el proceso que hemos seguido en la investigación a través de la interpretación de planos y secciones constructivas y del modelado en 3D de las viviendas.

<b>MANRIQUE</b>	l (m)	h (m)	A (m <sup>2</sup> )	Hueco	W (m)	H (m)	A (m <sup>2</sup> )	% Marco	Tipo de vidrio	Retranqueo (cm)	Voladizo	Color	Material
Fachada Norte 1	8,00	2,85	22,80	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Fachada Norte 2	2,75	2,85	7,84	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Fachada Sur 1	10,75	2,85	30,64	D02	1,00	2,10	2,10	100	Simple	30	Sí	Marrón	Madera
		x2		W01	4,16	1,25	5,20	25	Simple	30	Sí	Marrón	Madera
				W08	1,50	0,50	0,75	25	Simple	30	Sí	Marrón	Madera
				W09	1,50	0,50	0,75	25	Simple	30	Sí	Marrón	Madera
				W10	1,50	0,50	0,75	25	Simple	30	Sí	Marrón	Madera
Fachada Este 1	4,20	2,85	11,97	D01	1,00	2,10	2,10	100	Simple	30	Sí	Marrón	Madera
		x2		W07	4,00	1,25	5,00	25	Simple	30	Sí	Marrón	Madera
Fachada Este 2	7,30	2,85	20,81	W06	3,33	1,25	4,16	25	Simple	30	Sí	Marrón	Madera
Fachada Oeste	11,50	2,85	32,78	W05	1,50	1,25	1,88	25	Simple	30	Sí	Marrón	Madera
		x1,5		W04	0,75	0,75	0,56	25	Simple	30	Sí	Marrón	Madera
				W03	2,66	1,25	3,33	25	Simple	30	Sí	Marrón	Madera
				W02	5,66	1,25	7,08	25	Simple	30	Sí	Marrón	Madera
				D04	1,00	2,10	2,10	25	Simple	30	Sí	Marrón	Madera
				D08	1,00	2,10	2,10	25	Simple	30	Sí	Marrón	Madera

<b>LUCIO MUÑOZ</b>	l (m)	h (m)	A (m <sup>2</sup> )	Hueco	W (m)	H (m)	A (m <sup>2</sup> )	% Marco	Tipo de vidrio	Retranqueo (cm)	Voladizo	Color	Material
Fachada Norte 1	26,5	1,8	47,7	D01	2	2,10	4,20	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				D02	1	2,10	2,10	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				W01	2	0,50	1,00	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W02	1	0,50	0,50	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Norte 2	4,5	2,8	12,6	D18	1	2,10	2,10	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				W14	3	1,25	3,75	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Norte 3	7	2,8	19,6	D19	1	2,10	2,10	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				W15	3	1,25	3,75	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Sur 1	15,5	2,8	43,4	W03	2	1,25	2,50	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W04	1	1,25	1,25	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W05	1	1,25	1,25	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W06	2	1,25	2,50	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W17	2	1,25	2,50	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Sur 2	6,5	5,6	36,4	D15	1	2,10	2,10	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				D24	1	2,10	2,10	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				D25	1	2,10	2,10	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				W08	1,5	1,25	1,88	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W09	3	1,25	3,75	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W20	2	1,25	2,50	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W21	2	1,25	2,50	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Sur 3	4,5	2,8	12,6	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Fachada Sur 4	4	2,8	11,2	D20	1	2,10	2,10	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Sur 5	7	2,8	19,6	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Fachada Este 1	8,5	2,8	23,8	D14	1	2,10	2,10	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				W10	2	1,25	2,50	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W19	3	1,25	3,75	25		40			
Fachada Este 2	8,5	2,8	23,8	W11	1	1,25	1,25	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W12	2	1,25	2,50	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W13	1	1,25	1,25	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Este 3	10	2,8	28	W16	1	1,25	1,25	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Oeste 1	4	2,8	11,2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Fachada Oeste 2	5,5	2,8	15,4	D16	1	2,10	2,10	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Oeste 3	7,5	2,8	21	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Fachada Oeste 4	8,5	2,8	23,8	D13	1	2,10	2,10	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				W07	2	1,25	2,50	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W18	2	1,25	2,50	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera

SANTONJA	l (m)	h (m)	A (m <sup>2</sup> )	Hueco	W (m)	H (m)	A (m <sup>2</sup> )	% Marco	Tipo de vidrio	Retranqueo (cm)	Voladizo	Color	Material
Fachada Norte 1	6	2,65	15,9	W20	5	1,25	6,25	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Norte 2	6	2,65	15,9	D06	1	2,1	2,1	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				D18	1	2,1	2,1	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				W06	4	1,25	5	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W25	4	1,25	5	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Norte 3	11	2,65	29,15	W33	2	1,25	2,5	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W32	2	1,25	2,5	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Sur 1	6	2,65	15,9	D15	1	2,1	2,1	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				W18	1,95	1,25	2,4375	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W19	1,95	1,25	2,4375	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Sur 2	4,15	2,65	10,9975	W14	3,15	1,25	3,9375	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Sur 3	2,85	2,65	7,5525	D08	1	2,1	2,1	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				W15	1,35	1,25	1,6875	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Sur 4	5,5	2,65	14,575	W16	2	1,25	2,5	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W31	2	1,25	2,5	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Sur 5	1	2,65	2,65	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Fachada Este 1	6	2,65	15,9	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Fachada Este 2	3	2,65	7,95	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Fachada Este 3	11	2,65	29,15	D11	1	2,1	2,1	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				D12	1	2,1	2,1	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				W17	2,5	1,25	3,125	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W30	4,5	1,25	5,625	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Este 4	11	2,65	29,15	D01	1	2,1	2,1	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				D19	1	2,1	2,1	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				W01	2,5	1,25	3,125	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W02	1,8	1,25	2,25	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W21	2,5	1,25	3,125	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Este 5	25	2,65	66,25	W03	2,75	1,25	3,4375	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W04	2,75	1,25	3,4375	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W05	2,75	1,25	3,4375	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W22	2,75	0,5	1,375	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W23	2,75	0,5	1,375	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W24	2,75	0,5	1,375	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Oeste 1	23	2,65	60,95	D13	1	2,1	2,1	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				D14	1	2,1	2,1	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				W07	2,75	1,25	3,4375	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W08	2,75	1,25	3,4375	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W09	2,75	1,25	3,4375	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W10	3,5	1,25	4,375	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W11	2,7	1,25	3,375	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W26	2,75	0,5	1,375	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W27	2,75	0,5	1,375	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W28	2,75	0,5	1,375	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W29	3,5	0,5	1,75	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
Fachada Oeste 2	5,5	2,65	14,575	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Fachada Oeste 3	9	2,65	23,85	D09	1	2,1	2,1	100	/	40	Sí	Marrón	Madera
				W12	2,6	1,25	3,25	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera
				W13	1,6	1,25	2	25	Simple	40	Sí	Marrón	Madera

Figura 2.14. Tabla Resumen de dato de fachada y huecos de Casa Manrique. Elaboración propia.

Figura 2.15. Tabla Resumen de dato de fachada y huecos de Casa Lucio Muñoz. Elaboración propia.

Figura 2.16. Tabla Resumen de dato de fachada y huecos de Casa Santonja. Elaboración propia.

## INSTALACIONES

El punto de instalaciones que exige CE3X es una parte fundamental del proceso de estudio energético.

“Las viviendas necesitan energía para alimentar numerosos dispositivos y equipos domésticos, pero en promedio, más de la mitad (51%) del consumo anual de energía de un hogar es para solo dos usos finales de energía: calefacción y aire acondicionado, siempre y cuando la vivienda disponga de ellos.

Estos usos, en su mayoría estacionales y de uso intensivo de energía, varían significativamente según la ubicación geográfica, el tamaño y la estructura de la vivienda, y el equipo y los combustibles utilizados

Las principales fuentes de suministro utilizadas por el hombre se han basado en los combustibles fósiles: carbón, petróleo, gas natural, etc.

Sin embargo, la disminución de estos recursos y el aumento de la demanda de energía ha hecho necesario la búsqueda de otras fuentes de energías, como las energías renovables, para satisfacer los consumos demandados por los clientes.”  
(Areatecnología, 2022)

Dentro de las 3 viviendas desconocemos los equipos que se plantearon en su diseño hacia 1960, lo único que descartamos son sistemas de refrigeración.

Al introducir los datos, supondremos que las viviendas cuentan con equipos de Calefacción y ACS con tipo de generador de caldera estándar y combustible gas natural.

La superficie será la útil planteada en datos generales y la potencia nominal estimada será de 24kW, con un rendimiento de combustión del 90%.

También supondremos una caldera antigua y con mal aislamiento.

### 2.3.2. RESULTADOS DE CE<sub>3</sub>X

En el Manual de usuario de calificación energética de edificios existentes CE<sub>3</sub>X elaborado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE, 2012) se explican los puntos conclusivos que ofrece el programa de la siguiente manera:

“- Escala de calificación; muestra la escala de letras de calificación junto con los valores de kgCO<sub>2</sub> /m<sup>2</sup> que comprende cada letra. Estos valores serán función de la zona climática, uso,...

- Calificación del edificio objeto; valor de calificación energética obtenido por el edificio analizado junto a la letra de la escala de calificación a la cual corresponde dicho valor. Dicho valor y su letra se mostrarán situados junto a la escala de calificación a la altura de la letra correspondiente.

- Datos del edificio objeto; aparecerán a la derecha de la pantalla y mostrarán:

· Demanda de calefacción (kWh/m<sup>2</sup>); indica las necesidades de calefacción del edificio certificado a lo largo del año, para unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación. Este valor dependerá de las características de la envolvente del edificio, zona climática donde se ubique, uso,...

· Demanda de refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>); indica las necesidades de refrigeración del edificio certificado a lo largo del año, para unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación. Este valor dependerá de las características de la envolvente del edificio, zona climática donde se ubique, uso,...

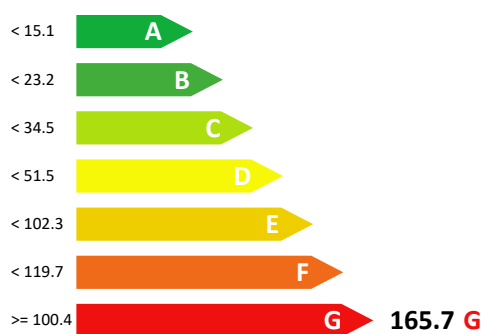
· Emisiones de calefacción (kg CO<sub>2</sub> /m<sup>2</sup>); indica las emisiones del edificio debidas a la demanda de calefacción y la eficiencia de las instalaciones que dan servicio a dicha demanda, a lo largo del año. Este valor dependerá del consumo energético asociado a la demanda de calefacción y a las características de las instalaciones del edificio.

· Emisiones de refrigeración (kg CO<sub>2</sub> /m<sup>2</sup>); indica las emisiones del edificio debidas a la demanda de refrigeración y la eficiencia de las instalaciones que dan servicio a dicha demanda, a lo largo del año. Este valor dependerá del consumo energético asociado a la demanda de refrigeración y a las características de las instalaciones del edificio.

· Emisiones de ACS (kgCO<sub>2</sub> /m<sup>2</sup>); indica las emisiones del edificio debidas a la demanda de agua caliente sanitaria (ACS) y la eficiencia de las instalaciones que dan servicio a dicha demanda, a lo largo del año. Este valor dependerá del consumo energético asociado a la demanda de ACS y a las características de las instalaciones del edificio que suministran dicho servicio.”

Una vez introducidos todos los valores en el programa podemos obtener una calificación energética, que como hemos intuido con lo analizado hasta la fecha, será muy deficiente.

**Indicador kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>**



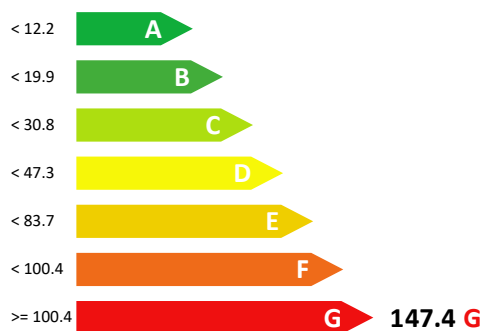
**Casa César Manrique**

<b>Demanda de Calefacción</b> (kWh/m <sup>2</sup> )	<b>376.1</b>
<b>Demanda de Refrigeración</b> (kWh/m <sup>2</sup> )	<b>No Calificable</b>
<b>Emisiones de Calefacción</b> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	<b>153.4</b>
<b>Emisiones de refrigeración</b> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	<b>No Calificable</b>
<b>Emisiones de ACS</b> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	<b>11.9</b>

Figura 2.17. Calificación energética de la Casa César Manrique. Resultados de CE3X.

**Calificación Energética de Edificios**

**Indicador kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>**



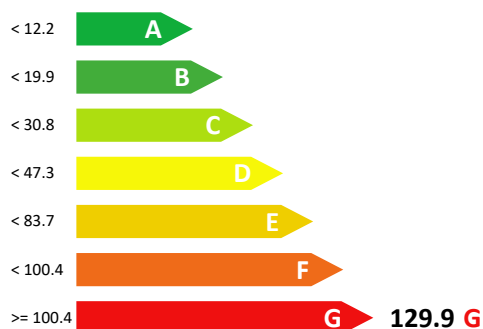
**Casa Lucio Muñoz**

<b>Demanda de Calefacción</b> (kWh/m <sup>2</sup> )	<b>335.7</b>
<b>Demanda de Refrigeración</b> (kWh/m <sup>2</sup> )	<b>25.0</b>
<b>Emisiones de Calefacción</b> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	<b>136.9</b>
<b>Emisiones de refrigeración</b> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	<b>4.1</b>
<b>Emisiones de ACS</b> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	<b>6.4</b>

Figura 2.18. Calificación energética de la Casa Lucio Muñoz. Resultados de CE3X.

**Calificación Energética de Edificios**

**Indicador kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>**



**Casa Santonja**

<b>Demanda de Calefacción</b> (kWh/m <sup>2</sup> )	<b>298.3</b>
<b>Demanda de Refrigeración</b> (kWh/m <sup>2</sup> )	<b>27.0</b>
<b>Emisiones de Calefacción</b> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	<b>121.6</b>
<b>Emisiones de refrigeración</b> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	<b>4.5</b>
<b>Emisiones de ACS</b> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	<b>3.8</b>

Figura 2.19. Calificación energética de la Casa Santonja. Resultados de CE3X.

De los valores obtenidos se establecen algunas conclusiones.

Como se esperaba, las viviendas no funcionan energéticamente, ya que no cuentan con ningún tipo de aislamiento más allá de las cámaras de aire existentes en los petos de ventanas, dinteles con cajas de persiana y en las cubiertas de tabiquillos palomeros.

En la vivienda de César Manrique hemos obtenido los resultados más desfavorables, y entre otros factores se debe a que está en una zona climática E<sub>1</sub>, ubicada en Cercedilla, en la Sierra de Madrid. Por sus características materiales se podía haber intuido que los valores obtenidos fueran similares a los de la vivienda de Lucio Muñoz, ya que cuentan con un sistema constructivo de vigas prefabricadas de hormigón similares, e igual tipología de cubierta y cerramientos.

El valor que, dentro de lo negativo es el más favorable de los 3, es el que corresponde a la vivienda de Santonja. Esta vivienda está ubicada en una zona Climática D<sub>3</sub> como la de Lucio Muñoz, compartiendo el mismo uso, superficies útiles similares, mismas instalaciones etc. Pero sin embargo la diferencia que concluimos significativa es el tipo de material utilizado, la madera. En vez de vigas de hormigón con puentes térmicos descabellados en los remates de los muros, encontramos dobles vigas de madera como dintel con espesores de maderas aserradas de 7 cm en cada una, sumadas a las dobles viguetas con las que trabajan donde, aunque no exista aislamiento térmico, la madera se comporta mejor energéticamente que el hormigón.

Se debe tener en cuenta que las viviendas son aisladas, abiertas en las 4 orientaciones, Norte, Sur, Este y Oeste. Las fachadas a Norte no reciben prácticamente radiación solar por lo que serán las zonas que en invierno requieran mayor demanda de calefacción, aunque Higuera en los 3 casos analizados recurre a salvar el desnivel enterrando parcialmente algunas fachadas con esta orientación utilizando el mismo terreno como aislante.

También se puede concluir que los resultados obtenidos son tan negativos debido a que en los años en los que se construyeron las viviendas (1962-1964) no se proyectaron con criterios de eficiencia energética como los entendemos hoy en día, aunque sí se construyeron con mucha sensibilidad y conocimiento abriendo ciertos espacios a orientaciones concretas, utilizando voladizos en las fachadas que en verano impiden la radiación solar en las ventanas pero en invierno no, utilizando cámaras de aire en todos los elementos de las viviendas descartando los muros estructurales como por ejemplo en los petos de ventanas, en la cubierta de tabiquillos palomeros, en los forjados sanitarios que levanta del suelo con las grandes vigas prefabricadas...

### 2.3.3. MEDIDAS DE MEJORA

Una vez planteados y comprendidos los resultados del estado original de las viviendas, se introducen en el programa CE3X las mejoras expuestas previamente en los detalles constructivos en el apartado 2.2 (ver Figuras 2.3, 2.5, 2.7).

Para facilitar la tarea de comparación con los resultados de las 3 viviendas, se plantea una organización en 3 conjuntos de las mejoras propuestas:

- **Conjunto 1:** se aplicarán solo las mejoras relacionadas con la envolvente térmica.

1.1 Dentro de la envolvente térmica vamos a proponer mejoras en los petos de ventanas y en los dinteles con cajas de persianas

1.2 Con respecto a la cubierta se plantea un aislamiento por el exterior de panel sandwich y sobre el plano horizontal de la losa que la soporta. Además, se propone instalar aislamiento térmico reflexivo de aproximadamente 1,5cm por el interior en la superficie entre viguetas.

1.3 Mejora de Carpinterías: se propone cambiar todas las carpinterías existentes de madera maciza de pino de Oregón por unas más eficientes, respetando su materialidad. Se plantean unos nuevos parámetros característicos de los vidrios con una transmitancia térmica de 1,6 W/m<sup>2</sup>K y un factor solar G=0,45, además de reducir la permeabilidad al aire según la UNE-EN 12207, a una clase 4.

Clase	Permeabilidad al aire a 100 Pa (46 km/h) (m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup> )	Presión máxima de ensayo Pa (km/h)
0	Sin ensayar	Sin ensayar
1	≤50	150 (56 km/h)
2	≤27	300 (80 km/h)
3	≤9	600 (113 km/h)
4	≤3	600 (113 km/h)

Figura 2.20. Tabla Permeabilidad al aire UNE-EN 12207. Tomada de <http://www.innaltech.com/index.php/i-d-i/ensayos/item/2107-permeabilidad-al-aire-une-en-12207>

El porcentaje de marco se reducirá hasta un 20 % y se instalará uno nuevo de la librería de marcos que se encuentra en el programa, de madera de densidad media baja con una transmitancia de 2,1 W/m<sup>2</sup>K y una absortividad de 0,7 debido al color marrón de la madera.

Para mayor entendimiento de las mejoras descritas ver Figuras 2.3, 2.5, 2.7.

- 
- **Conjunto 2:** se aplicarán los valores relacionados con las instalaciones, donde eliminaremos el sistema anticuado de calefacción y ACS existente, con malas condiciones de estado y mantenimiento, e introduciremos uno nuevo, una caldera de Condensación con combustible gas natural, modificando su potencia nominal y rendimiento de combustión, estableciendo unas condiciones de aislamiento y mantenimiento adecuadas y un depósito de acumulación de 100 l con temperaturas de 80°C a 60°C.
  
  - **Conjunto 3:** se propone unir los conjuntos 1 y 2, relacionados con la envolvente térmica y con las instalaciones y de esta manera entender si las mejoras que estamos proponiendo son suficientes.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

### Casa César Manrique:

Medidas de Mejora	Dda Cal.	Dda Ref.	Emis. Cal.	Emis. Ref.	Emis. ACS	Emis. Glob...	Ahorro
CASO BASE	376.1 G	2.6 No ca...	153.4 G	0.4 No ca...	11.9 G	165.7 G	-
Conjunto 1	231.6 E	0.0 No ca...	94.4 E	0.0 No ca...	11.9 G	106.3 F	35.8%
Conjunto 2	376.1 G	2.6 No ca...	94.6 E	0.4 No ca...	5.5 E	100.5 E	39.3%
Conjunto 3	231.6 E	0.0 No ca...	58.2 E	0.0 No ca...	5.5 E	63.8 E	61.5%

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	231.6 E	376.1 G	38.4 %
Demanda de refrigeración	No calificable	No calificable	-
Emisiones de calefacción	58.2 E	153.4 G	62.0 %
Emisiones de refrigeración	No calificable	No calificable	-
Emisiones de ACS	5.5 E	11.9 G	53.6 %
EMISIONES GLOBALES	63.8 E	165.7 G	61.5 %

### Casa Lucio Muñoz:

Medidas de Mejora	Dda Cal.	Dda Ref.	Emis. Cal.	Emis. Ref.	Emis. ACS	Emis. Glob...	Ahorro
CASO BASE	335.7 G	25.0 D	136.9 G	4.1 C	6.4 E	147.4 G	-
Conjunto 1	214.0 G	11.2 B	87.3 F	1.9 A	6.4 E	95.5 F	35.2%
Conjunto 2	335.7 G	25.0 D	84.4 F	4.1 C	3.8 E	92.4 F	37.3%
Conjunto 3	214.0 G	11.2 B	53.8 E	1.9 A	3.3 D	58.9 E	60.0%

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	214.0 G	335.7 G	36.2 %
Demanda de refrigeración	11.2 B	25.0 D	55.1 %
Emisiones de calefacción	53.8 E	136.9 G	60.7 %
Emisiones de refrigeración	1.9 A	4.1 C	55.1 %
Emisiones de ACS	3.3 D	6.4 E	48.7 %
EMISIONES GLOBALES	58.9 E	147.4 G	60.0 %

### Casa Santonja:

Medidas de Mejora	Dda Cal.	Dda Ref.	Emis. Cal.	Emis. Ref.	Emis. ACS	Emis. Glob...	Ahorro
CASO BASE	298.3 G	27.0 D	121.6 G	4.5 C	3.8 E	129.9 G	-
Conjunto 1	193.1 F	13.2 B	78.7 F	2.2 A	3.8 E	84.7 F	34.8%
Conjunto 2	298.3 G	27.0 D	75.0 F	4.5 C	1.7 A	81.2 E	37.5%
Conjunto 3	193.1 F	13.2 B	51.3 E	2.2 A	1.8 B	55.3 E	57.4%

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	193.1 F	298.3 G	35.3 %
Demanda de refrigeración	13.2 B	27.0 D	50.9 %
Emisiones de calefacción	51.3 E	121.6 G	57.8 %
Emisiones de refrigeración	2.2 A	4.5 C	50.9 %
Emisiones de ACS	1.8 B	3.8 E	51.4 %
EMISIONES GLOBALES	55.3 E	129.9 G	57.4 %

En el análisis de cada vivienda encontramos los 3 conjuntos que se han creado para su análisis comparativo, observando:

- En el **conjunto 1** de mejora de envolvente térmica, podemos observar como han mejorado aspectos energéticos suponiendo un ahorro total de aproximadamente un 35% en todas las viviendas. La mejora de este conjunto solo reduce las emisiones globales hasta 89,7 para Manrique, 95,5 para Lucio Muñoz y 84,7 para Santonja, lo que corresponde en todos los casos a una letra F.

- En el **conjunto 2** de mejora de Instalaciones, podemos observar como en las 3 viviendas las emisiones globales y el ahorro general son ligeramente mejores que con la mejora de envolvente térmica, por lo que, aunque en un principio no le diéramos la importancia que correspondería, observamos que es una parte fundamental para la rehabilitación de este tipo de viviendas, aunque la diferencia respecto a las mejoras del conjunto 1 es mínima. Las emisiones globales se han reducido hasta un 85,7 en Manrique, un 92,4 en Lucio y 81,2 en Santonja, lo que corresponde a una letra F.

- El **conjunto 3** de mejora, el que engloba a las dos anteriores, tanto a la envolvente como a las instalaciones, sí tiene una mejora significativa, aunque es discutible si suficiente. Con las propuestas planteadas conseguimos reducir el ahorro general hasta un 60 % aproximadamente en todas las viviendas y reduciendo su escala de calificación a una letra E, correspondiente a una mejora de  $\text{kgCO}_2 / \text{m}^2$  al año en un alto porcentaje.

*Figura 2.21. Resultados de propuestas de mejora energética de la Casa César Manrique. Obtenidos de CE3X.*

*Figura 2.22. Resultados de propuestas de mejora energética de la Casa Lucio Muñoz. Resultados de CE3X.*

*Figura 2.23. Resultados de propuestas de mejora energética de la Casa Santonja. Resultados de CE3X.*



## CONCLUSIONES

La intención principal de esta investigación era comprender constructivamente 3 viviendas seleccionadas del arquitecto madrileño Fernando Higuera, construidas hacia los años 60, para posteriormente poder calificarlas energéticamente con el software CE3X y plantear unas mejoras respetando las características arquitectónicas que definen a esas viviendas.

Lo primero sobre lo que podemos reflexionar, es sobre si las 3 viviendas que se escogieron en un comienzo han sido las idóneas para realizar esta investigación.

Las 3 viviendas comparten elementos en común como, por ejemplo, el sistema de cubiertas o de cimentación y los grandes muros de carga que organizan las viviendas y soportan la estructura. Pero a su vez, encontramos características que las diferencian, y que han sido clave en el estudio energético como, por ejemplo, su localización en diferentes zonas climáticas, sus superficies útiles, los materiales con los que se define la estructura horizontal de todas ellas, encontrando en la Casa Manrique y Lucio Muñoz una tipología material de vigas prefabricadas de hormigón, y en la Santonja madera aserrada tanto en estructura como en remates superiores de muros.

Después de esto, analizando la metodología que se planteó para llevar a cabo esta investigación, podemos concluir que es una manera muy eficaz de entender este tipo de viviendas singulares que siguen esquemas de la arquitectura popular española, pero a su vez rompen con ella con determinadas soluciones. Gracias a este planteamiento, primero a través de planos originales de Fernando Higuera, hemos podido observar grandes diferencias en la arquitectura de hace 60 años, no solo a nivel técnico y constructivo, sino a nivel de documentación, donde la justificación del cumplimiento de normativa en la memoria era tan sencilla como nombrar que el proyecto la cumplía, o donde se observa que una vivienda unifamiliar se construía tan solo con 10 planos, y replanteando y tomando muchas decisiones en la ejecución de obra de la vivienda.

El siguiente punto, desarrollado paralelamente al análisis de planos, es la interpretación de fotografías, fundamental para terminar de entender la materialidad de los elementos que se van a definir y además, observar con las fotografías finales de las obras construidas las variaciones que existen con lo proyectado en los planos.

Este análisis previo llevado a cabo de las 3 viviendas es esencial para llegar al último punto que plantea esta investigación.

Con el análisis energético comparativo de las viviendas mediante el software CE3X, se busca comprender, en relación a los estándares de eficiencia energética que existen en la actualidad, cómo se clasifican estas viviendas.

Fernando Higuera fue un gran arquitecto que proyectó todas sus obras con una sensibilidad y un conocimiento excepcionales, en temas como la orientación, abriendo o cerrando huecos donde corresponde, enterrando las fachadas Norte para utilizar al propio terreno como aislamiento salvando el desnivel, elevando los forjados del terreno para aislar de humedades, ejecutar siempre un voladizo de protección solar perimetral cuya longitud, además de definir otros espacios, dependerá de la estancia que vaya a proteger... A pesar de estas medidas, que en su momento fueron estándares de sostenibilidad como hemos observado en la investigación, reutilizando materiales existentes de obras antiguas en sus parcelas, respetando la vegetación y elementos naturales hasta el punto de cimentar la Casa Lucio Muñoz sobre una roca, no han llegado a cumplir los estándares que se exigen hoy en día por normativa, ni si quiera con las mejoras que se han planteado en relación a la envolvente térmica y a las instalaciones de las viviendas.

Es cierto que rehabilitar este tipo de arquitectura singular garantizando sus cualidades estéticas no es tarea fácil, ya que respetar decisiones arquitectónicas como la estructura vista requiere tomar decisiones de rehabilitación fuera de lo común y muchas veces fuera de presupuesto.

La eficiencia energética, derivada de todo el movimiento actual relacionado con la sostenibilidad, se está convirtiendo en un aspecto esencial en lo que a política mundial y social se refiere.

“ Las fuentes energéticas tradicionales tienen un carácter limitado, son cada vez más caras, generan una dependencia del mercado exterior y, además, tienen un impacto relevante sobre el medioambiente y el ecosistema. ” (BBVA, 2022).

Nuestro papel como arquitectos es fundamental en todo lo que a esto se refiere, y son las investigaciones basadas en el respeto a nuestra arquitectura lo que se debe fomentar para tratar de darle una segunda vida.

Si la normativa que se nos exige para rehabilitar estas viviendas no tiene en cuenta aspectos más allá de los técnicos, estas viviendas jamás llegarán al mínimo exigible para ser habitadas, por lo que surge la cuestión...

¿Desaparecerá esta arquitectura?





# BIBLIOGRAFÍA

- Antúnez, S. (2019, 13 de marzo). ¿Quién fue Fernando Higuera? Un genio en la arquitectura del siglo XX. *El Reto Histórico*. Recuperado en diciembre 2022 de <https://elrethistorico.com/quien-fue-fernando-higuera/>
- Archivo Histórico Digital de la Biblioteca de la UPM. (1964). *Unidad documental compuesta HIGUERAS\_021 - Vivienda en Somosaguas, Pozuelo de Alarcón (Casa Santonja)* (ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_021). Recuperado de <https://ahdb.upm.es/index.php/vivienda-en-somosaguas-pozuelo-de-alarc-n-casa-santonja>
- Areatecnología. (2022). *Necesidades energéticas de una vivienda*. España. Recuperado en diciembre 2022 de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/necesidades-energeticas-vivienda.html>
- Arines, J. C. (1972). *Fernando Higuera. Artistas Contemporáneos Españoles nº28*. Madrid, España: Servicio de publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia.
- BBVA. (2022). ¿Qué es la eficiencia energética y cómo se calcula? [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-eficiencia-energetica-y-como-se-calcula/>
- Berges, C. A. (21 de febrero de 2022). La pandemia frenó el éxodo rural en 2020: 60.000 personas menos abandonaron sus pueblos. *El Diario*. Recuperado en diciembre 2022 de [https://www.eldiario.es/sociedad/pandemia-freno-exodo-rural-60-000-personas-abandonaron-pueblos\\_1\\_8739662.html](https://www.eldiario.es/sociedad/pandemia-freno-exodo-rural-60-000-personas-abandonaron-pueblos_1_8739662.html)
- Canfranc, P. R. (2021, 29 de marzo). ¿Nos llevará el coronavirus de vuelta al pueblo?. *Fundación Telefónica*. Recuperado en diciembre 2022 de <https://telos.fundaciontelefonica.com/la-cofa/nos-lleva-el-coronavirus-de-vuelta-al-pueblo/>
- Cedar Lake Ventures. (2018). *Weather Spark: El clima y el tiempo promedio en todo el año en Cercedilla*. Minneapolis, Estados Unidos: Cedar Lake Ventures, Inc. Recuperado en diciembre 2022 de <https://es.weatherspark.com/y/35514/Clima-promedio-en-Cercedilla-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Colombo Producciones. (Productor). (2014). Homenaje a Fernando Higuera [Fundación Fernando Higuera]. Sede del Instituto del Patrimonio Cultural de España. De <https://www.youtube.com/watch?v=tNxq5ZQQz-Y>
- Efinovatic. (2013). CE3X. Efinovatic. Navarra, España. Recuperado en diciembre 2022 de <http://www.efinova.es/CE3X#:~:text=CE3X%20es%20%22Documento%20Reconocido%20para,desarrollo%20de%20las%20nuevas%20versiones>
- Fundación Mapfre. (2021, 02 de marzo). Volver a los pueblos, ¿una tendencia de la era post-COVID?. *Mapfre*. Recuperado en diciembre 2022 de <https://www.mapfre.com/actualidad/sostenibilidad/volver-pueblos-tendencia-post-covid/>

- Higuera, F. (1962). *Proyecto de chalet para Doña Filomena Miguel Calderon en Camorritos. Cercedilla (Madrid)*. Memoria y planos obtenidos del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico de la Fundación de Arquitectura COAM.
- Higuera, F. (1962). *Proyecto de hotel particular en las parcelas números 91, 94 y 95 de la Colonia Arroyo Trofas de Torrelorones (Madrid) propiedad del matrimonio formado por los pintores Lucio Muñoz y Amalia Avia*. Memoria y planos obtenidos del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico de la Fundación de Arquitectura COAM.
- Higuera, F. (1963). *Proyecto de una vivienda unifamiliar acogida a la ley de viviendas de renta limitada, Grupo 1º, para Don Antonio Martínez Santonja a construir en el solar de su propiedad en la calle del Grillo, Pozuelo de Alarcón (Madrid)*. Memoria y planos obtenidos del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico de la Fundación de Arquitectura COAM.
- Higuera, F. (1964). Archivo Histórico Digital de la Biblioteca de la UPM. Archivo Histórico Digital de la Biblioteca de la UPM. <https://ahdb.upm.es/index.php/vivienda-en-somosaguas-pozuelo-de-alarc-n-casa-santonja>
- Higuera, F. (1976). Casa Lucio Muñoz en Torrelorones, Madrid. 1962. Conferencia llevada a cabo en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo, Madrid, España.
- Higuera, F. (1976). Casa Santonja en Somosaguas, Madrid. 1964. Conferencia impartida en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo, Madrid, España.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. (2012). *Manual de usuario de calificación energética de edificios existentes CE3X*. Recuperado de [http://www6.mityc.es/aplicaciones/CE3X/Manual\\_usuario%20CE3X\\_05.pdf](http://www6.mityc.es/aplicaciones/CE3X/Manual_usuario%20CE3X_05.pdf).
- Mayoral-Campa, E., & Navarro-de-Pablos, J. (2021). El legado olvidado de Fernando Higuera y Antonio Miró: la Casa Rufino. *Innovación constructiva y adaptación paisajística. Informes De La Construcción*, 73(564).
- Mayoral-Campa, E., & Navarro-de-Pablos, J. (2022). Conversaciones en el trópico. El diálogo arquitectónico entre Fernando Higuera y César Manrique. *Proyecto, Progreso, Arquitectura*, (26), pp. 66-85.
- Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana. (2006). *Código Técnico de la Edificación Documento Básico de Ahorro de Energía (CTE-DB-HE)*. Recuperado de <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/AhorroEnergia.html>
- Ovies, A. G. (2015). *El pensamiento creativo de Fernando Higuera*. (Tesis doctoral). Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Velasco, M. (2020, 10 de mayo). El doble resurgir de la España rural: la pandemia fomenta la vuelta al campo. *Huffpost News*. Recuperado en diciembre 2022 de [https://www.huffingtonpost.es/entry/espana-vaciada-pueblos-coronavirus\\_es\\_5eb29adec5b6e376475f34b6](https://www.huffingtonpost.es/entry/espana-vaciada-pueblos-coronavirus_es_5eb29adec5b6e376475f34b6)

# PROCEDENCIA DE LAS ILUSTRACIONES

- o.1 Tomado de El legado olvidado de Fernando Higuera y Antonio Miró: la Casa Rufino Innovación constructiva y adaptación paisajística” (p.5), por E. Mayoral-Campa y J. Navarro-de-Pablos, 2021, Informe de Construcción, 73(564).
  - o.2 Tomado de <http://fernandohiguera.org/casa-c%C3%A9sar-manrique>; consultado el 07.01.2023.
  - o.3 Tomado de Jon Arcaraz Puntonet, Fernando Higuera: una arquitectura sincrética (Tesis doctoral). (Navarra: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Navarra, 2015), figura 12, página 81.
  - o.4 Tomado <https://ahdb.upm.es/index.php/vivienda-en-somosaguas-pozuelo-de-alarc-n-casa-santonja>; consultado el 18.11.2022. Archivo Histórico Digital de la biblioteca de la UPM. Ref: ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_021-F-051.
- 
- 1.1 Tomado de <http://fernandohiguera.org/casa-c%C3%A9sar-manrique>; consultado el 07.01.2023.
  - 1.2 Tomado del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM; consultado el 27-12-2022.
  - 1.3 Tomado del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM; consultado el 27-12-2022.
  - 1.4 Tomado del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM; consultado el 27-12-2022.
  - 1.5 Tomado del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM; consultado el 27-12-2022.
  - 1.6 Elaboración del autor a partir de un original tomado del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.
  - 1.7 Elaboración del autor a partir de un original tomado del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.
  - 1.8 Elaboración del autor a partir de un original tomado del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.
  - 1.9 Elaboración del autor a partir de un original tomado del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.
  - 1.10 Elaboración del autor a partir de un original tomado del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.
  - 1.11 Elaboración del autor a partir de un original tomado del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.
  - 1.12 Elaboración del autor a partir de los planos tomados del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM, del Archivo Histórico Digital de la UPM y de las fotografías referenciadas de la investigación.

- 1.13 Elaboración del autor a partir de los planos tomados del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM, del Archivo Histórico Digital de la UPM y de las fotografías referenciadas de la investigación.
- 1.14 Elaboración del autor a partir de los planos tomados del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM, del Archivo Histórico Digital de la UPM y de las fotografías referenciadas de la investigación.
- 1.15 Tomado de Ascensión García Ovies, El pensamiento creativo de Fernando Higuera. (Tesis doctoral). (Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 2015), figura 2, página 290.
- 1.16 Adaptado de Ascensión García Ovies, El pensamiento creativo de Fernando Higuera. (Tesis doctoral). (Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 2015), figura 3, página 290.
- 1.17 Adaptado de Ascensión García Ovies, El pensamiento creativo de Fernando Higuera. (Tesis doctoral). (Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 2015), figura 3, página 290.
- 1.18 Tomado de Jon Arcaraz Puntonet, Fernando Higuera: una arquitectura sincrética (Tesis doctoral). (Navarra: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Navarra, 2015), figura 12, página 81.
- 1.19 Tomado de <https://ahdb.upm.es/index.php/casa-de-campo-para-un-matrimonio-de-pintores-casa-lucio>; consultado el 18.11.2022. Archivo Histórico Digital de la biblioteca de la UPM. Ref: ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_008-P-002.
- 1.20 Tomado de <https://ahdb.upm.es/index.php/casa-de-campo-para-un-matrimonio-de-pintores-casa-lucio>; consultado el 18.11.2022. Archivo Histórico Digital de la biblioteca de la UPM. Ref: ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_008-P-005.
- 1.21 Tomado de <https://ahdb.upm.es/index.php/casa-de-campo-para-un-matrimonio-de-pintores-casa-lucio>; consultado el 18.11.2022. Archivo Histórico Digital de la biblioteca de la UPM. Ref: ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_008-P-012.
- 1.22 Elaboración del autor a partir de análisis propio constructivo y planos tomados del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.
- 1.23 Elaboración del autor a partir de análisis constructivo propio y planos tomados del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.
- 1.24 Elaboración del autor a partir de análisis constructivo propio y planos tomados del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.
- 1.25 Elaboración del autor a partir de análisis constructivo propio y planos tomados del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.
- 1.26 Elaboración del autor a partir de análisis constructivo propio y planos tomados del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.
- 1.27 Elaboración del autor a partir de análisis constructivo propio y planos tomados del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.
- 1.28 Elaboración del autor a partir de los planos tomados del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM, del Archivo Histórico Digital de la UPM y de las fotografías referenciadas de la investigación.

- 1.29 Elaboración del autor a partir de los planos tomados del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM, del Archivo Histórico Digital de la UPM y de las fotografías referenciadas de la investigación.
- 1.30 Elaboración del autor a partir de los planos tomados del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM, del Archivo Histórico Digital de la UPM y de las fotografías referenciadas de la investigación.
- 1.31 Tomado de <https://hiddenarchitecture.net/casa-lucio-munoz/>; consultado el 21.11.2022.
- 1.32 Tomado de <https://hiddenarchitecture.net/casa-lucio-munoz/>; consultado el 21.11.2022.
- 1.33 Tomado de <https://www.metalocus.es/es/noticias/casa-lucio-munoz-por-fernando-higueras-volando-sobre-la-ladera>; consultado el 4.12.2022.
- 1.34 Tomado de <https://hiddenarchitecture.net/house-for-manuel-lopez/>; consultado el 21.11.2022.
- 1.35 Tomado de <https://www.metalocus.es/es/noticias/casa-lucio-munoz-por-fernando-higueras-volando-sobre-la-ladera>; consultado el 4.12.2022.
- 1.36 Tomado de <https://hiddenarchitecture.net/casa-lucio-munoz/>; consultado el 21.11.2022.
- 1.37 Tomado de <https://www.metalocus.es/es/noticias/casa-lucio-munoz-por-fernando-higueras-volando-sobre-la-ladera>; consultado el 4.12.2022.
- 1.38 Tomado de <https://www.realacademiabellasartessanfernando.com/assets/docs/monumentos/2019%20ACTA%20N%20c2%ba%203.pdf>; consultado el 21.12.2022.
- 1.39 Tomado de [//www.metalocus.es/es/noticias/casa-lucio-munoz-por-fernando-higueras-volando-sobre-la-ladera](https://www.metalocus.es/es/noticias/casa-lucio-munoz-por-fernando-higueras-volando-sobre-la-ladera); consultado el 4.12.2022.
- 1.40 Tomado de [//www.metalocus.es/es/noticias/casa-lucio-munoz-por-fernando-higueras-volando-sobre-la-ladera](https://www.metalocus.es/es/noticias/casa-lucio-munoz-por-fernando-higueras-volando-sobre-la-ladera); consultado el 4.12.2022.
- 1.41 Tomado de [//www.metalocus.es/es/noticias/casa-lucio-munoz-por-fernando-higueras-volando-sobre-la-ladera](https://www.metalocus.es/es/noticias/casa-lucio-munoz-por-fernando-higueras-volando-sobre-la-ladera); consultado el 4.12.2022.
- 1.42 Tomado de <https://hiddenarchitecture.net/casa-lucio-munoz/>; consultado el 21.11.2022.
- 1.43 Tomado de <https://hiddenarchitecture.net/casa-lucio-munoz/>; consultado el 21.11.2022.
- 1.44 Tomado <https://ahdb.upm.es/index.php/vivienda-en-somosaguas-pozuelo-de-alarc-n-casa-santonja>; consultado el 18.11.2022. Archivo Histórico Digital de la biblioteca de la UPM. Ref: ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_021-F-051.
- 1.45 Tomado <https://ahdb.upm.es/index.php/vivienda-en-somosaguas-pozuelo-de-alarc-n-casa-santonja>; consultado el 18.11.2022. Archivo Histórico Digital de la biblioteca de la UPM. Ref: ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_021-P-001.
- 1.46 Tomado <https://ahdb.upm.es/index.php/vivienda-en-somosaguas-pozuelo-de-alarc-n-casa-santonja>; consultado el 18.11.2022. Archivo Histórico Digital de la biblioteca de la UPM. Ref: ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_021-P-005.
- 1.47 Tomado <https://ahdb.upm.es/index.php/vivienda-en-somosaguas-pozuelo-de-alarc-n-casa-santonja>; consultado el 18.11.2022. Archivo Histórico Digital de la biblioteca de la UPM. Ref: ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_021-P-004.

- 1.48 Tomado <https://ahdb.upm.es/index.php/vivienda-en-somosaguas-pozuelo-de-alarc-n-casa-santonja>; consultado el 18.11.2022. Archivo Histórico Digital de la biblioteca de la UPM. Ref: ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_021-P-007.
- 1.49 Elaboración del autor a partir de un original tomado del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.
- 1.50 Elaboración del autor a partir de un original tomado del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.
- 1.51 Elaboración del autor a partir de un original tomado del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.
- 1.52 Elaboración del autor a partir de un original tomado del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.
- 1.53 Elaboración del autor a partir de un original tomado del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.
- 1.54 Elaboración del autor a partir de un original tomado del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM.
- 1.55 Elaboración del autor a partir de los planos tomados del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM, del Archivo Histórico Digital de la UPM y de las fotografías referenciadas de la investigación.
- 1.56 Elaboración del autor a partir de los planos tomados del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM, del Archivo Histórico Digital de la UPM y de las fotografías referenciadas de la investigación.
- 1.57 Elaboración del autor a partir de los planos tomados del Archivo de Fondos y Legados del Servicio Histórico del COAM, del Archivo Histórico Digital de la UPM y de las fotografías referenciadas de la investigación.
- 1.58 Tomado <https://ahdb.upm.es/index.php/vivienda-en-somosaguas-pozuelo-de-alarc-n-casa-santonja>; consultado el 18.11.2022. Archivo Histórico Digital de la biblioteca de la UPM. Ref: ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_021-F-015.
- 1.59 Tomado <https://ahdb.upm.es/index.php/vivienda-en-somosaguas-pozuelo-de-alarc-n-casa-santonja>; consultado el 18.11.2022. Archivo Histórico Digital de la biblioteca de la UPM. Ref: ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_021-F-018.
- 1.60 Tomado <https://ahdb.upm.es/index.php/vivienda-en-somosaguas-pozuelo-de-alarc-n-casa-santonja>; consultado el 18.11.2022. Archivo Histórico Digital de la biblioteca de la UPM. Ref: ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_021-F-051.
- 1.61 Tomado <https://ahdb.upm.es/index.php/vivienda-en-somosaguas-pozuelo-de-alarc-n-casa-santonja>; consultado el 18.11.2022. Archivo Histórico Digital de la biblioteca de la UPM. Ref: ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_021-F-054.
- 1.62 Tomado <https://ahdb.upm.es/index.php/vivienda-en-somosaguas-pozuelo-de-alarc-n-casa-santonja>; consultado el 18.11.2022. Archivo Histórico Digital de la biblioteca de la UPM. Ref: ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_021-F-048.
- 1.63 Tomado <https://ahdb.upm.es/index.php/vivienda-en-somosaguas-pozuelo-de-alarc-n-casa-santonja>; consultado el 18.11.2022. Archivo Histórico Digital de la biblioteca de la UPM. Ref: ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_021-F-033.
- 1.64 Tomado <https://ahdb.upm.es/index.php/vivienda-en-somosaguas-pozuelo-de-alarc-n-casa-santonja>; consultado el 18.11.2022. Archivo

- Histórico Digital de la biblioteca de la UPM. Ref: ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_021-F-039.
- 1.65 Tomado <https://ahdb.upm.es/index.php/vivienda-en-somosaguas-pozuelo-de-alarc-n-casa-santonja>; consultado el 18.11.2022. Archivo Histórico Digital de la biblioteca de la UPM. Ref: ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_021-F-063.
- 1.66 Tomado <https://ahdb.upm.es/index.php/vivienda-en-somosaguas-pozuelo-de-alarc-n-casa-santonja>; consultado el 18.11.2022. Archivo Histórico Digital de la biblioteca de la UPM. Ref: ES 28079. BUPM 01-BETSAM-01-HIGUERAS-02-01-HIGUERAS\_021-F-069.
- 2.1 Elaboración del autor a partir del análisis de la investigación.
- 2.2 Elaboración del autor a partir del análisis de la investigación.
- 2.3 Elaboración del autor a partir del análisis de la investigación.
- 2.4 Elaboración del autor a partir del análisis de la investigación.
- 2.5 Elaboración del autor a partir del análisis de la investigación.
- 2.6 Elaboración del autor a partir del análisis de la investigación.
- 2.7 Elaboración del autor a partir del análisis de la investigación.
- 2.8 Elaboración del autor a partir de los resultados obtenidos del software CE3X.
- 2.9 Elaboración del autor a partir de los resultados obtenidos del software CE3X.
- 2.10 Tomado del Anejo B del Código Técnico de la Edificación Documento Básico de Ahorro de Energía (CTE-DB-HE).
- 2.11 Elaboración del autor a partir del análisis de la investigación.
- 2.12 Tomado del Anejo F del Código Técnico de la Edificación Documento Básico de Ahorro de Energía (CTE-DB-HE).
- 2.13 Elaboración del autor a partir de los resultados obtenidos del Código Técnico de la Edificación Documento Básico de Ahorro de Energía (CTE-DB-HE).
- 2.14 Elaboración del autor a partir del análisis de la investigación.
- 2.15 Elaboración del autor a partir del análisis de la investigación.
- 2.16 Elaboración del autor a partir del análisis de la investigación.
- 2.17 Tomado de los resultados obtenidos del Software CE3X.
- 2.18 Tomado de los resultados obtenidos del Software CE3X.
- 2.19 Tomado de los resultados obtenidos del Software CE3X.
- 2.20 Tomada de <http://www.innaltech.com/index.php/i-d-i/ensayos/item/2107-permeabilidad-al-aire-une-en-12207>; consultado el 2.01.2023.
- 2.21 Tomado de los resultados obtenidos del Software CE3X.
- 2.22 Tomado de los resultados obtenidos del Software CE3X.
- 2.23 Tomado de los resultados obtenidos del Software CE3X.





