

**CASA CURUTCHET (Le Corbusier)**  
*Estudio de eficiencia energética  
en la arquitectura icónica*







---

# Universidad de Valladolid



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA  
GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA

**TRABAJO FIN DE GRADO**

“Casa Curutchet (Le Corbusier)  
Estudio de eficiencia energética en la arquitectura icónica”

Autor: Juan Manuel López Amor  
Tutor: Miguel Ángel Padilla-Marcos  
Septiembre 2020



# RESUMEN

El siguiente trabajo se sumerge en el interesante reto de analizar la viabilidad de convertir una vivienda icónica del arquitecto Le Corbusier, la casa Curutchet ubicada en la ciudad de la Plata en Buenos Aires, Argentina, en una nueva vivienda que cumpla los nuevos estándares de eficiencia energética actuales, como el de Passivhaus u otros. Para este proceso se partirá del análisis minucioso de varios aspectos como el cálculo de transmitancias térmicas de la envolvente, sistemas de calefacción, ventilación, protecciones solares, y demás ámbitos relacionados con la eficiencia energética.

Pasando por una segunda fase de propuestas de intervención y mejoras para su adaptación a los objetivos anteriormente fijados.

El objetivo principal es demostrar la posibilidad de adecuar a los nuevos estándares de certificación energética a cualquier tipo de arquitectura, aunque esta sea icónica, como es el caso, procurando respetar al máximo los conceptos estéticos que el arquitecto ha plasmado al momento del diseño del proyecto.

## PALABRAS CLAVES

Certificación energética - Eficiencia energética – Passivhaus - Casas pasivas  
- Le Corbusier - Curutchet

# ABSTRACT

The following work plunges into the interesting challenge of analyzing the feasibility of converting an iconic home by the architect Le Corbusier, the Curutchet house located in the city of La Plata in Buenos Aires, Argentina, into a new home that meets the new efficiency standards. current energy, such as Passivhaus or others.

This process will start from the meticulous analysis of various aspects such as the calculation of thermal transmittance of the envelope, heating systems, ventilation, solar protections, and other areas related to energy efficiency.

Going through a second phase of intervention proposals and improvements for their adaptation to the previously set objectives.

The main objective is to demonstrate the possibility of adapting to the new energy certification standards to any type of architecture, even if it is iconic, as is the case, trying to respect as much as possible the aesthetic concepts that the architect has captured at the time of project design.

## KEYWORDS

Energy certificate – Energy efficiency  
Passivhaus Passive houses  
Le Corbusier - Curutchet

# ÍNDICE

Introducción.....	1
Estructura del trabajo.....	1
Objetivos del trabajo y medios utilizados.....	2

## **CAPÍTULO I :** *Conociendo a Le Corbusier y la Casa Curutchet*

La arquitectura icónica de un gran arquitecto.....	4
Le Corbusier en América.....	8
El caso de la casa Curutchet y el cirujano Pedro Domingo Curuchet.....	11
Los interpretes de la obra.....	12
Diseño sobre el papel frente a vivir en la obra terminada.....	15
La actual casa Curuchet.....	18

## **CAPÍTULO II :** *Las características de la Casa Curutchet*

Características generales.....	19
Los medios y técnicas constructivas empleadas.....	23
Documentación gráfica.....	25

## **CAPÍTULO III :** *Proceso de análisis y conclusiones parciales*

Análisis Técnico de la obra actual.....	33
Acondicionamiento térmico.....	49
Ventilación.....	53
Comportamiento solar.....	56
Instalaciones.....	62
Certificaciones energéticas proyecto .....	65
Conclusiones Parciales.....	77

## **CAPÍTULO IV :** *Los objetivos propuestos*

Los nuevos criterios: edificios de consumo casi nulo.....	80
Nuevos conceptos de partida .....	82
¿Qué se busca? / Certificaciones.....	84

## **CAPÍTULO V :** *Propuestas, resultados y conclusiones*

Datos de partida.....	85
Propuestas.....	91
Nuevas certificaciones energéticas.....	103
Conclusiones finales.....	108

Anexo I.....	111
Bibliografía .....	122



## INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo fin de grado titulado *“Casa Curutchet (Le Corbusier). Estudio de eficiencia energética en la arquitectura icónica”* es el resultado de un largo interés, a lo largo del paso por el grado de Fundamentos de la Arquitectura en la Escuela Técnica de Arquitectura de Valladolid, sobre la simbiosis entre lo que grandes maestros de la arquitectura como Le Corbusier han proyectado y construido y cómo adaptarlos a los nuevos criterios que hoy en día tenemos, para poder lograr así conservar estas obras y demostrar que diseño y criterios de biocostrucción y ahorro de energía son términos compatibles y el punto de inicio del que nuevos arquitectos debemos partir a la hora de idear un proyecto.

## ESTRUCTURA DEL TRABAJO

La metodología que se ha elegido para el desarrollo de este trabajo se estructura en una primera parte de análisis de un caso en concreto, la casa Curutchet diseñada por el arquitecto Le Corbusier y ubicada en la ciudad de La Plata en Buenos Aires, Argentina. En esta primera fase se pretende dar a conocer brevemente la historia de este proyecto y todas las partes que han intervenido en el, desde el arquitecto hasta sus clientes, detallando las particularidades que se presentan.

En una segunda etapa, de carácter más técnica, se propondrá un análisis de todos los aspectos que resulten de interés para conocer datos de consumo de energía, de pérdidas y/o ganancias térmicas y toda aquella materia que tenga interés a la hora de analizar el conjunto de la vivienda con una directriz de eficiencia energética actual.

Por último, como cierre del trabajo, se propone un desarrollo de conclusiones de la fase de análisis acompañada de una serie de propuestas para demostrar la viabilidad, en el caso de que exista, de convertir la vivienda en una casa adaptada a los estándares actuales de eficiencia energética, tales como Passivhaus, edificios de consumo casi nulo, entre otros.

Destacando que la finalidad de este trabajo es puramente académica, pues la viabilidad de estas posibles propuestas es nula ya que la casa Curutchet esta declarada como

Patrimonio de la Humanidad desde el 17 de Julio del año 2016 y por tanto debe de ser conservada sin alterar su estado actual.

## OBJETIVOS Y MEDIOS UTILIZADOS

Los objetivos que han sido estipulados al momento de la elección de esta línea de trabajo tienen por objeto analizar en profundidad esta obra icónica de Le Corbusier desde una visión técnica, pero sin olvidar sus conceptos de diseño, intentando dar así paso a la adaptación a los nuevos estándares de construcción. Demostrando la posibilidad de adaptar una construcción de más de setenta años a una nueva arquitectura sostenible, donde se ha de tener en cuenta distintos tipos de estrategias para sacar el máximo partido a energías limpias y causar el mínimo impacto ambiental. También se expresará al máximo el análisis de esta vivienda para descubrir si se tuvieron en cuenta criterios de diseño que atienden al ahorro energético, el acondicionamiento térmico, protecciones solares, etcétera. Y de ser así se demostrará su efectividad y si cumple con las exigencias que tenemos actualmente.

Para el desarrollo de este proceso de análisis y propuestas se parte de una gran cantidad de documentación sobre la vivienda, desde los planos desarrollados por el arquitecto, algunos planos reelaborados por los diferentes directores de obra que ha tenido este proyecto, infinidad de artículos de investigación que analizan en detalle muchos aspectos de esta singular obra, documentales y películas, entre otros. Destacando un papel muy importante el de las cartas y la documentación gráfica entre Le Corbusier y el arquitecto encargado de la dirección de obra en primera instancia, Amancio Williams. Ha servido de gran ayuda para comprender detalles técnicos de esta vivienda el trabajo realizado por Daniel Merro Johnston, autor del libro *“EL AUTOR Y EL INTERPRETE. Le Corbusier y Amancio Williams en la Casa Curutchet”*, quien se encarga de recopilar y describir la historia de este proyecto desde el inicio hasta la actualidad.

Se ha recopilado una serie de documentación básica de análisis para comprender la historia de la casa, el proceso de diseño y de ejecución, así como también el papel de los agentes que han intervenido. Posteriormente el trabajo se apoya en trabajos y

documentación bibliográfica de carácter mas técnico, donde se ensayan y discuten características directamente relacionadas con el comportamiento de la vivienda en términos de aislamiento térmico, acústico, protección frente a viento y soleamiento, sistemas pasivos, entre otros. Todos estos documentos se encuentran detallados en el apartado de bibliografía.

La fase final o de conclusiones pretende demostrar, detallando previamente las posibles propuestas y sus características técnicas con documentación escrita y gráfica, las mejoras causadas gracias a estas en el comportamiento general de la vivienda desde el punto de eficiencia energética. Es decir cómo mejoraría su calificación energética, a que estándares se podría adecuar y a cuáles no, basándonos en un mínimo de dos clases de certificación energética como pueden ser los obtenidos con los siguientes programas: HULC , CE3x , CERMa, CyPETherm, PHPP, entre otros posibles.



Figura 1

## LA ARQUITECTURA ICÓNICA DE UN GRAN ARQUITECTO

**C**harles Édouard Jeanneret-Gris, o más conocido por todos como Le Corbusier fue un arquitecto, urbanista, pintor y escultor nacido en Suiza el 6 de Octubre de 1887 y nacionalizado francés en el año 1930, donde acaba falleciendo el 27 de Agosto de 1965 con 78 años.

Se le considera, junto con otros grandes arquitectos como Wright, Gropius, Mies van der Rohe, entre otros, uno de los padres de la arquitectura moderna. Desde su papel más teórico, desarrollando escritos como los publicados en la revista *L'Esprit Nouveau* o dando conferencias sobre estos nuevos conceptos de arquitectura moderna y como aplicarla, hasta grandes estudios y conferencias sobre el nuevo urbanismo y la nueva manera de entender desde el concepto más amplio de urbe hasta el mas pequeño dentro de esta escala gradual, que es el individuo, la familia que habita una vivienda. Intentando despegar de esta idea todo lo relacionado con la falsa estética o ideales de belleza y ligando el proceso de diseño a sistemas que adecuen el uso y la gente que en ellas va a habitar al resultado final de la obra arquitectónica, donde deberá verse reflejado todo esto.

Como un buen teórico de la arquitectura supo transmitir y explicar todos los valores y contribuciones de una manera clara y con la intrínseca intención de que sean transmitidos. Destacan entre ellos:

- “*La machine á habiter*” o la máquina de habitar en castellano, donde se desliga el criterio de belleza y diseño de la arquitectura en general pasando a entenderla como una máquina de habitar, haciendo una clara alegoría a las nuevas tecnologías de la época como los ferrocarriles o los aviones, y plasmando el concepto de una relación muy directa entre habitantes y la arquitectura.

Aparece aquí el concepto de funcionalidad entrelazado con las personas que viven en estas obras, no dando la espalda a la belleza sino reinterpretándola.

- "L'Esprit Nouveau", desde 1920 a 1925 se encarga junto a Amédée Ozenfant y Paul Dermée de la divulgación de una revista de carácter artístico, dedicándose a la pintura, la escultura y la arquitectura. En ella se pueden encontrar infinidad de artículos redactados por el.

- "Los cinco puntos de una nueva arquitectura", uno de los documentos más famosos y conocidos de Le Corbusier, presentado en 1927 y dando a conocer una especie de guía de como pensar y hacer

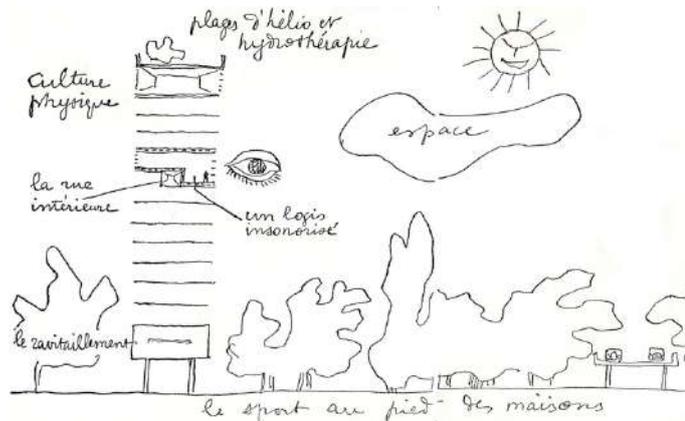


Figura 2

arquitectura moderna, basándose en la nueva tecnología, principalmente en el uso del hormigón armado. Los cinco puntos son:

1. La planta baja libre sobre pilotis: este primer nivel se utiliza para circulaciones y para los automóviles, el jardín pasa por debajo de la vivienda y ella se eleva sobre el . Aparecen las transparencias entre la vía pública y en el interior de la propiedad privada.
2. La planta libre: en ella encontramos, gracias al hormigón armado, una serie de pilares que sujetan las losas superiores. De esta manera el cerramiento de la planta no depende ya de muros portantes sino que puede ser independiente, adquiriendo cualquier forma.

3. La fachada libre: también descrita como independiente de la estructura portante, de esta manera permitirá una nueva manera de tratar los huecos ya que no dependerán de características físicas propias de los muros portantes donde la apertura de vanos debía ser muy controlada.
4. La ventana alargada: como consecuencia de la independencia entre estructura portante y muros de cerramiento las ventanas se plantean como grandes paños horizontales que pueden ocupar el ancho total de una fachada.
5. La terraza jardín: puede ser definido como el espacio que se quita en planta baja y se devuelve en la cubierta. Cambiando el típico tejado inclinado por un nivel plano donde existe vegetación, para el disfrute de los habitantes.

- “El modulator”: es un sistema de mediciones basado íntegramente en las medidas del hombre, teniendo como referencia la estatura media de un caudino francés de aquella época, 1,75 metros. En este sistema de proporciones se relacionan unas medidas con otra y con la arquitectura, así se definen alturas de techos, alturas y anchuras de cada una de las diferentes actividades a realizar, medidas de muebles, entre otras tantas cosas.

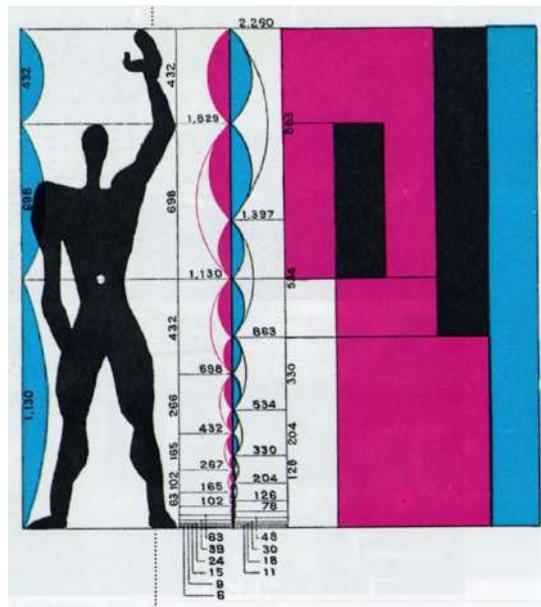


Figura 3

Existe una segunda versión de este sistema de medidas, adaptándolo a la medida inglesa y teniendo como base 6 pies (1,8288 metros) de altura media en lugar de 1,75 metros del primer sistema. Le Corbusier se basa en este sistema a la hora de pensar, diseñar y ejecutar sus obras, llegando a no acotar sus planos ya que se sabía de su manera de adecuar todo al sistema modular.



Figura 5

## LE CORBUSIER EN AMÉRICA

Le Corbusier visita el continente americano en doce ocasiones a lo largo de su vida, la primera en el año 1929, donde visita los países de Argentina, Uruguay y Brasil durante un periodo cercano a los tres meses. En el libro titulado “*Précisions sur un état présent de l'architecture et de l'urbanisme*” (Figura 5 ) publicado en 1930 recopila las experiencias fruto de su estancia en estos países americanos.

Estas visitas fueron promovidas por un círculo pequeño de intelectuales locales, como escritores, pintores, escultores, arquitectos, políticos, artistas, entre otros, cuya mirada hacia la Modernidad se acercaba mas de lo habitual y estaban interesados en escuchar la opinión de un precursor de la Modernidad aplicada a la arquitectura y al planeamiento de las ciudades como Le Corbusier.

*“Fue en casa de la encantadora e inteligente Duquesa de Dato, en París, que conocí a Gonzalez Garaño. Me obligó a salir para Buenos Aires, para que expresara en esa capital, en gestación gigantesca, las realidades y la próxima suerte de la arquitectura moderna. Por otra parte, Paulo Prado, desde el año 1925, me llamaba desde Sao Paulo y Blaise Cendrars, en París me iba empujando con gran numero de argumentos, mapas geográficos y fotografías.”*

*(Le Corbusier, Precisiones, Prologo Americano, Buenos Aires, Argentina, 1929)*



Figura 6

Aunque en su estancia en Buenos Aires brinda una serie de 10 conferencias, donde analiza desde las tipologías propias de vivienda que posee la ciudad hasta el urbanismo y una posible propuesta de ampliación de la capital argentina, pasando por una guía de como construir la nueva ciudad moderna, no tiene la repercusión que hoy podríamos pensar. Su ámbito de difusión se queda encerrado en estos círculos de intelectuales y artistas de la época, llegando a futuros arquitectos y personas ligadas a la facultad de arquitectura de la ciudad muchos años después de su estancia en Buenos Aires. Un claro ejemplo de ello es la propuesta que le hace en 1935 Victoria Ocampo, una intelectual argentina con quien mantenía relación desde su visita en 1929, a la cual contesta:

*... (“¿Mi presencia en Buenos Aires? ¿Para qué? ¿Para más conferencias?. Di diez en 1929, ya es cosa hecha. ¿Volver a empezar?, No me seduce. Probar algo, eso es lo que importa. Demostrar construyendo.  
Europa esta enferma, embrutecida. Buenos Aires puede hacer lo que hay que hacer: construir!  
¿Pero conferencias solamente, un viaje semejante para hablar tan sólo? ¡No! Tengo cincuenta años. Es hora de demostrar.”)...*

*(Carta de L.C. a Victoria Ocampo. 7 de Agosto de 1935. Publicada en el periódico La Nación el 19/09/1965 en el artículo “El poeta de la arquitectura” de Victoria Ocampo en relación a la muerte del arquitecto y amigo Le Corbusier)*



Figura 7

No podemos hablar del paso de Le Corbusier por Argentina sin comentar el Plan director para Buenos Aires, que data del año 1938 y es desarrollado por el y dos arquitectos colaboradores de su estudio parisino conocido como Estudio 35 , Jorge Ferrari Hardoy y Juan Kurchan. Este proyecto urbanístico se quedó en una propuesta teórica ya que nunca llegó a realizarse ni siquiera de manera parcial.

En el Le Corbusier proponía una nueva ciudad basándose en las nuevas infraestructuras, los nuevos medios de transporte y basándose en la zona próxima al río, donde se situaría la cité des Affaires, el punto vertebrador de toda la propuesta. Aparecen en esta

propuesta grandes rascacielos con diferentes tipologías de uso, incluso una serie de construcciones que se alojarían en una plataforma sobre el río.

Esta propuesta urbanística no llegó a realizarse por muchos factores, debemos tener en cuenta que sus relaciones con Argentina comenzaron a no ser del todo buenas a partir de los años cuarenta, principalmente por razones políticas.



Figura 8

## EL CASO DE LA CASA CURUTCHET Y EL CIRUJANO PEDRO DOMINGO CURUTCHET.

**P**edro Domingo Curutchet nació el dos de Abril del año 1901 en la localidad de Las Flores, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Su formación académica tuvo lugar en la Universidad Nacional de La Plata, obteniendo el doctorado en medicina hacia el año 1929. Su principal línea de investigación y trabajo se realizó al sur de la provincia de Buenos Aires, en Lobería, especializándose en la hidatidosis, una grave enfermedad

parasitaria que suele ser ocasionada por la ingesta de alimentos en mal estado o contaminados por animales.

Como consecuencia de este trabajo se especializa en la labor de cirujano, tratando principalmente las afecciones relacionadas con esta dolencia, llegando incluso a diseñar instrumental quirúrgico específico para estas intervenciones.

Hacia el año 1948 decide trasladarse a la ciudad de La Plata, a la cual solía ir a menudo a exposiciones de arte, conciertos, reuniones sociales y a encuentros con la comunidad francesa afincada en esta ciudad ya que su ascendencia era vascofrancesa. Con este fin adquiere un solar en el Boulevard 53 número 320 donde tiene la intención de encargar una vivienda para el y su familia que contara también con un consultorio médico para ejercer su profesión desde allí.

Se sabe que en un primer momento el Dr. Curutchet contacta con varios arquitectos prestigiosos de la ciudad de Buenos Aires pero finalmente no llega a ningún acuerdo. Es en este punto, en Agosto del año 1948, cuando se ve interesado en proponerle a Le Corbusier el encargo de esta vivienda, probablemente movido por el interés personal en la Modernidad y los valores que este arquitecto ostentaba poseer.

Para poder contactar con Le Corbusier, envía a través de su hermana, quien viaja a París, una carta que le da al entrevistarse con él. Surge aquí el comienzo de una relación profesional, aceptando el encargo al poco tiempo y estableciendo una comunicación íntegramente a través de cartas, donde se intercambian documentación gráfica, escrita, conceptos técnicos, se pactan honorarios, y todo lo relativo a un encargo de esta categoría.



Figura 9

## LOS INTERPRETES DE LA OBRA

En las primeras cartas del Dr. Curutchet a Le Corbusier se especifica el programa que la casa deberá tener, siendo este:

*Vivienda unifamiliar entre medianeras:*

*Estar comedor*

*Cocina*

*Tres dormitorios*

*Dos baños*

*Un dormitorio de servicio con toilette*

*Cochera*

*Dependencias de servicios*

*Consultorio con sala de espera*

La respuesta de Le Corbusier, al aceptar el encargo, se refleja en este fragmento de la carta que le envía:

*... (“Vuestro programa: habitación de un médico, es extremadamente seductor (desde el punto de vista social). Vuestro terreno esta bien situado, en buenas condiciones. Por último, habiendo establecido el plan de Buenos Aires en 1938-1939 que está actualmente siendo considerado por el gobierno, estoy interesado en la idea de realizar en su casa una pequeña construcción domestica en la que me gustaría realizar una pequeña obra maestra de simplicidad, de conveniencia y de armonía, siempre dentro de los límites de una construcción extremadamente simple y sin lujos, perfectamente conforme por otra parte con mis hábitos”)...*

*(Correspondencia de Le Corbusier al Dr. Pedro Curutchet,  
7 de Septiembre de 1948)*

El proceso de enviar cartas y ser respondidas desde Buenos Aires a París y viceversa terminaron alargando considerablemente la fase de proyecto de esta vivienda. Le Corbusier deja claro al Dr. Curutchet que dentro de sus honorarios no se encuentra la dirección de obra, y le propone un candidato, Amancio Williams, quien acaba siendo el primer director de obra y también considerado intérprete del gran Le Corbusier.

El porqué de la elección de Amancio Williams esta basado en la relación personal que tenía con Le Corbusier. Al poco de formarse como arquitecto en la Universidad de Buenos Aires en el año 1941, establece una línea de trabajo de carácter teórico y utópico mas que de construcción tangible. Decide escribirse con Le Corbusier para hacerle participe de sus trabajos y saber su opinión. Allí comienza una relación muy estrecha, ya que Le Corbusier lo considera un arquitecto muy capaz y con valores e ideales similares a los propios. Con el tiempo supimos que el gran arquitecto no se equivocaba, puesto que Williams es considerado uno de los fundadores del Movimiento Moderno en Argentina y un gran difusor de los ideales que este perseguía.

El 24 de Mayo de 1949, unos ocho meses después de aceptar el encargo, Le Corbusier remite el anteproyecto al Dr. Curutchet. Esta documentación se componía de 16 planos, 12 fotografías de la maqueta y una memoria descriptiva. Curutchet responde el 12 de Junio de 1949 que esta entusiasmado con la propuesta y que enviara una copia de la documentación a Amancio Williams para que empiece a trabajar en ella.

Comienza aquí un arduo trabajo de Williams, una primera etapa de análisis y comprensión de la documentación que se le había enviado y una segunda etapa de conversaciones a través de cartas con Le Corbusier para discutir diferentes conceptos que no estaban del todo claro, o incluso llegar a proponerle cambios radicales como el cambio de un paramento ciego por otro totalmente vidriado. En la última etapa se tiene constancia de que Williams realiza algunos cambios sin consultarlo previamente con Le Corbusier, pero todos estos solo facilitarían la labor constructiva, sin alterar la esencia del proyecto original.

Este largo proceso de análisis y detalle del proyecto por parte de Williams se empieza a completar en Mayo de 1950 y es en Agosto cuando comienza la obra. A causa de la pérdida de confianza por los plazos y lo perfeccionista que resultaba Williams para el Dr. Curutchet, este decide desvincularlo de la obra y pone en su lugar al arquitecto Simón Ungar. El es el responsable de que algunas directrices que compartían Le Corbusier y Williams no se hayan respetado y también termina de no muy buenas maneras la relación con el propietario, dando como resultado su despido y la paralización de la obra desde Diciembre de 1953 hasta Octubre de 1954, cuando el Dr. Curutchet pone al frente de la dirección de obra a los arquitectos Alberto Valdez y Hugo Sarraillet. Finalmente la obra es concluida en Diciembre de 1955 y comienza a ser habitada por la familia Curutchet.



*Figura 11*



*Figura 12*



Figura 12

## DISEÑO SOBRE EL PAPEL FRENTE A VIVIR EN LA OBRA TERMINADA

A pesar del largo camino que el Doctor Curutchet tuvo que transitar desde que comenzó con su sueño de la casa en la ciudad de La Plata, sobre el año 1948 cuando decide contactar con Le Corbusier para llevar esa idea a la realidad, hasta el año 1954 cuando comienza a habitar la vivienda junto a su esposa Alcira Gómez Romero y sus hijas

Alcira del Carmen Curutchet y Leonor Amalia Curutchet, envía una carta al arquitecto en la que dice:

*...("La obra es visitada por estudiantes y profesionales.... El público en general va comprendiendo cada vez más esta obra que a muchos les pareció tan extraña al principio. Esta es "la casa de Le Corbusier"; me honra ser el propietario. Así lo digo y quiero que se repita. Ud. Puede hacer cualquier indicación que será cumplida y agradecida. Es y seguirá siendo su casa")...*

*(Correspondencia del Dr. Pedro Curutchet a Le Corbusier, 1957)*

En esta carta podemos observar la gratitud del cliente para con el arquitecto, pero este resultado de relación idílica no fue exactamente así a lo largo de los seis años que estuvo la vivienda en obras. Los problemas y diferencias entre el señor Curutchet y los distintos directores de obra a lo largo de este todo este tiempo fueron incontables, aunque el enfado nunca llegó a trasladarse de la misma magnitud con Le Corbusier.

El periodo en que el Dr. Curutchet habita la casa no fue tan largo como cabía de esperar. En un primer momento, como se ha mencionado antes, reside allí con su esposa e hijas, interrumpiéndose su estancia a partir de la necesidad de volver a la localidad de Lobería por razones de su profesión.

En todo este período de estancia continua en la vivienda por parte de la familia, Curutchet se plantea una serie de cuestiones que no son de su agrado y que llega a comentar con Le Corbusier solicitándole soluciones. Algunas de estas ideas se reflejan en las siguientes citas:

*... (“Es un poco la tiranía de la arquitectura, las ideas de los arquitectos a veces tiranizan la vida del propietario, lo obligan a vivir con conceptos, a veces teóricos; la vida no quiere abstracción, ver la luz solo por la luz, o los planos o los volúmenes, sino por la psicología del habitante”)...*

*(Pedro Curutchet a Daniel Casoy. Arquitectura Bis N°2. Barcelona. 1983)*

*... (“A mi padre le gustaba, entre otras cosas, la prolongación que se producía desde la casa al exterior, hacia una hermosa plaza arbolada y el bosque de La Plata. Lo que menos le gustaba era el sol y el calor que en verano eran intolerables.*

*La luz entraba a raudales. A mí me molestaba mucho y para dormir tenía que cubrir mis ojos”)...*

*(Reportaje a Leonor Curutchet por Daniel Merro Johnston del 23 de marzo del 2005.)*

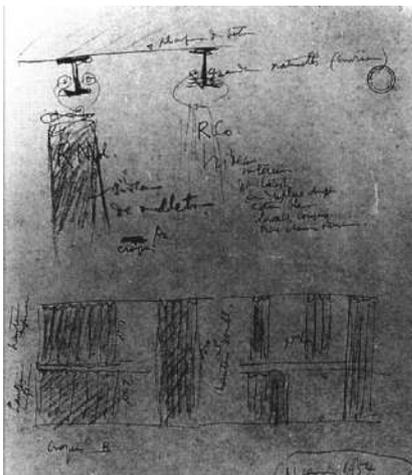


Figura 13

La familia Curutchet no acabó en ningún momento adaptándose a la casa, ni la casa a ellos. Los conceptos con los que Le Corbusier proyecta esta vivienda, que deberían de haberse adaptado perfectamente a esta familia no eran los que la representaban, por mas ideales modernos que tuvieran nunca lograron generar la idea de casa propia, de arraigo al lugar, sin menospreciar el trabajo plástico de uno de los padres de la arquitectura moderna. El Dr. Curutchet siempre

ha halagado la obra del arquitecto, resaltando su belleza y el claro resultado de obra moderna que el quería conseguir.

Esto no quiere decir que halla encontrado en la vivienda cuestiones incómodas, según relataba en varias entrevistas el principal problema era el control de la luminosidad, ya que no se contaba con persianas ni contraventanas( elemento casi existente en la totalidad de viviendas de la época). Por este motivo le escribe una carta a Le Corbusier y el le aconseja la colocación de cortinas de algodón de alto gramaje, y siguiendo su consejo Curutchet las coloca, pero aun así decía que era imposible oscurecer las habitaciones y que en verano las temperaturas que se reflejaban en el interior eran insoportables. Por este motivo también decidieron colocar esterillas de juncos en el brise solei de la fachada norte.



*Figura 14*

grupos de personas observándola casi de manera ininterrumpida, circunstancia que llevo a incomodar a la familia en gran medida.

Otra de las cuestiones que fueron un tanto incomoda para la familia era la transparencia que la casa tiene, esa conexión interior-exterior tan fluida resultaba muy difícil de sobrellevar por el simple hecho de la popularidad que la vivienda había adquirido, y era habitual encontrar frente a ella



Figura 15

## **LA ÁCTUAL CASA CURUTCHET**

**A**l poco tiempo de ingresar a vivir en la casa, a finales de los años cincuenta, la familia se traslada nuevamente a Lobería como se ha mencionado anteriormente. La causa de este traslado, según dichos del Dr. Curutchet, se debía exclusivamente al hecho de que debía ejercer su profesión en esta ciudad. Pero podemos sospechar que todos los inconvenientes mencionados

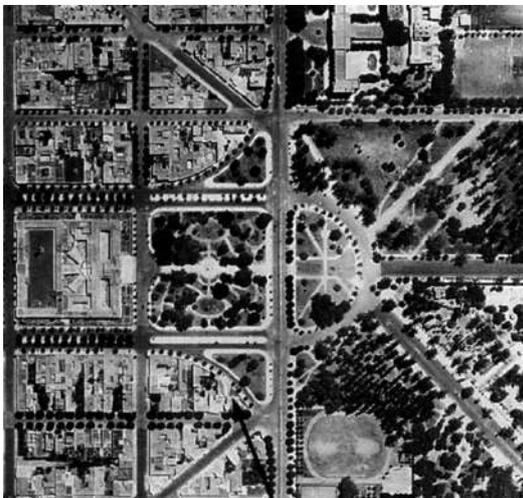
en los anteriores párrafos tuvieron un gran peso en esta decisión, ya que como bien decía su hija en una entrevista ya citada, ni siquiera cuando el matrimonio visitaba la ciudad se hospedaba en la vivienda. En este momento la casa quedó bajo el cuidado de un familiar, la hermana de la señora Curutchet, y permanece cerrada por más de veinte años, siendo abierta solo para tareas de limpieza y mantenimiento esporádicamente. Esta apertura resultaba la única oportunidad de poder visitar la vivienda por parte de arquitectos, estudiantes y aficionados al arte en general, quienes solían aprovechar para intentar entrar en la vivienda.

Es en el año 1987 cuando el Dr. Curutchet alquila la propiedad a la Fundación oftalmológica Christman, y son ellos quienes encargan una restauración total de la vivienda a causa de su gravísimo estado a los arquitectos Luis y Julio Grossman. En esta restauración se cambió el uso del garaje, convirtiéndolo en la recepción del edificio colocando carpinterías similares a las del resto de la vivienda pero manteniendo el portón metálico original.

El último capítulo relacionado con el cambio de usuarios de la vivienda se data en el año 1992, cuando la propiedad es alquilada por el Colegio de Arquitectos de la Provincia de Buenos Aires para albergar el propio uso de una instalación de este tipo, aunque en el año 2002 se le vuelve a cambiar el uso y pasa a ser un museo. El 17 de Julio de 2016 se declaró Patrimonio de la Humanidad por la Unesco.

## CARACTERÍSTICAS GENERALES

En este apartado vamos a describir el proyecto desde todos los puntos de vista que nos son de interés a la hora de realizar el posterior análisis relacionado con su eficiencia energética. Por este motivo esta descripción se centrará en aspectos concretos, no analizando características o ideas de proyecto, conceptos estéticos, maneras de entender la arquitectura y estrategias que Le Corbusier aplica a este proyecto. Para conocer este tipo de análisis o críticas existen infinidad de artículos de investigación y bibliografía en general publicados desde los años 1950. Para comprender la totalidad de aspectos, tanto de carácter técnico como los de diseño proyectual ha servido de gran ayuda el libro: MERRO JOHNSTON, Daniel. (2011). "EL AUTOR Y EL INTÉRPRETE. Le Corbusier y Amancio Williams en la Casa Curutchet". Buenos Aires, Argentina. 1:100 Ediciones, se recomienda su lectura para una visión mas integral de este proyecto



### LA UBICACIÓN

La casa se encuentra ubicada en un solar de la ciudad de La Plata, la capital de la provincia de Buenos Aires, caracterizada por su trama rectilínea y sus diagonales. Pensada en origen como una ciudad de bajas densidades, con grandes espacios verdes ubicados equitativamente y con viarios con mucha vegetación.

Figura 16

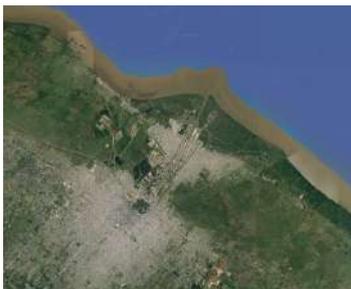


Figura 17



Figura 18



Figura 19



Figura 20

El terreno o lote donde se construye la vivienda se identifica como Lote 9 de la sección 14, situado en la Diagonal 78, con frente a el Paseo del Bosque con la Avenida 53 número 320 , según planos catastrales de mensura. Uno de los cuatro lados de su perímetro se

encuentra inclinado, con orientación Noreste y ángulos de  $59^{\circ}$  y  $131^{\circ}$ . Las medidas de los límites del solar son las siguientes: Norte: 10,30 m. , Sur: 8,75 m. , Este: 17,30 m. y Oeste: 22,65 m. Dando una superficie total de  $174,78 \text{ m}^2$ . Las edificaciones lindantes son de tipología unifamiliar o plurifamiliar tipo “chorizo” y de dos alturas.

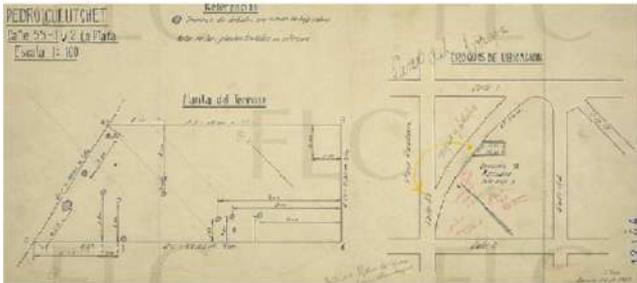


Figura 21

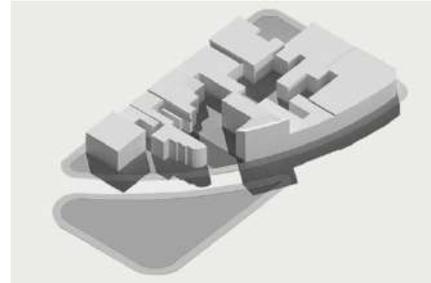


Figura 22

Se debe aclarar que cuando Le Corbusier proyecta la vivienda comete un error al colocar la orientación Norte, posiblemente por una mala transcripción o falta de detalles en el plano que utiliza como base, al ser el que el Dr. Curutchet le envía por correo (Figura 21). Existe una comprobación in-situ de dicho error por parte del Arquitecto Daniel Merro Johnston reflejado en la Figura 23, donde se aprecia una diferencia de 14 grados.



Figura 23



Figura 23

## LA VIVIENDA

Para describir las diferentes zonas o locales que componen la casa basaremos esta descripción en el resultado obtenido cuando el Dr. Curutchet comienza a habitar la propiedad, no destacando los sucesivos cambios proyectuales que existen en la primera etapa entre los planos de Le Corbusier y las correcciones que realiza con Amancio Williams. También los sucesivos directores de obra cambian algunas características de la vivienda, pero nos quedaremos con el resultado final.

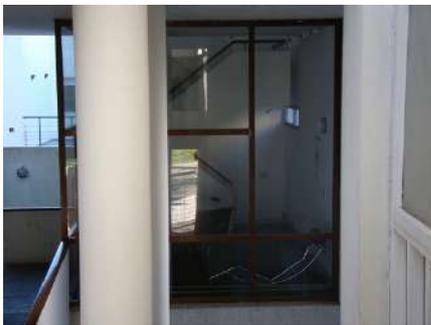


Figura 24

El proyecto se puede describir en dos grandes volumen o áreas que se encuentran diferenciadas, una hacia el fondo del solar y la otra próxima a la línea divisoria de fachada. De esta manera el arquitecto consigue independizar los dos usos que este proyecto albergaría, el de vivienda y el de consulta medica.

En planta baja encontramos el acceso enmarcado con una puerta pero con un cerramiento totalmente permeable, dejando ver a través de él el interior de la vivienda. Se colocan allí el garaje para un vehículo, un pequeño apartamento para invitados y cuartos de instalaciones. Al traspasar la puerta de acceso nos encontramos con unos pequeños peldaños irregulares para salvar el desnivel, que no son resueltos por Le Corbusier. Una vez dentro vemos una gran rampa que nos invita a subir, y divisamos un hueco que separa dos áreas, donde actualmente hay un gran álamo ( que se tuvo en cuenta con su tamaño actual para proyectar la vivienda).

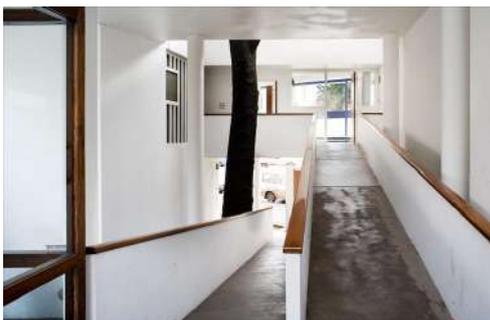


Figura 25

Al subir la rampa, el primer tramo nos lleva al hall de recepción de la vivienda, a la cual podemos acceder desde allí por una escalera de doble tramo. Siguiendo por la rampa encontramos la zona de la consulta, donde se ubica una sala de espera, la consulta, dos aseos

y una zona para intervenciones quirúrgicas. Todo este frente se encuentra vidriado y por delante posee un brise-soleil.

Los siguientes niveles se dedican exclusivamente a vivienda. El primero de este uso se



Figura 25

destina a la ubicación del salón y estar, un office, un baño, la cocina, núcleo de circulación vertical y una gran terraza con vistas al parque ubicada en la parte superior de la zona de consulta.

Por último, en la planta más alta, se ubican dos dormitorios con baño integrado y una zona de escritorio.



Figura 26



Figura 27

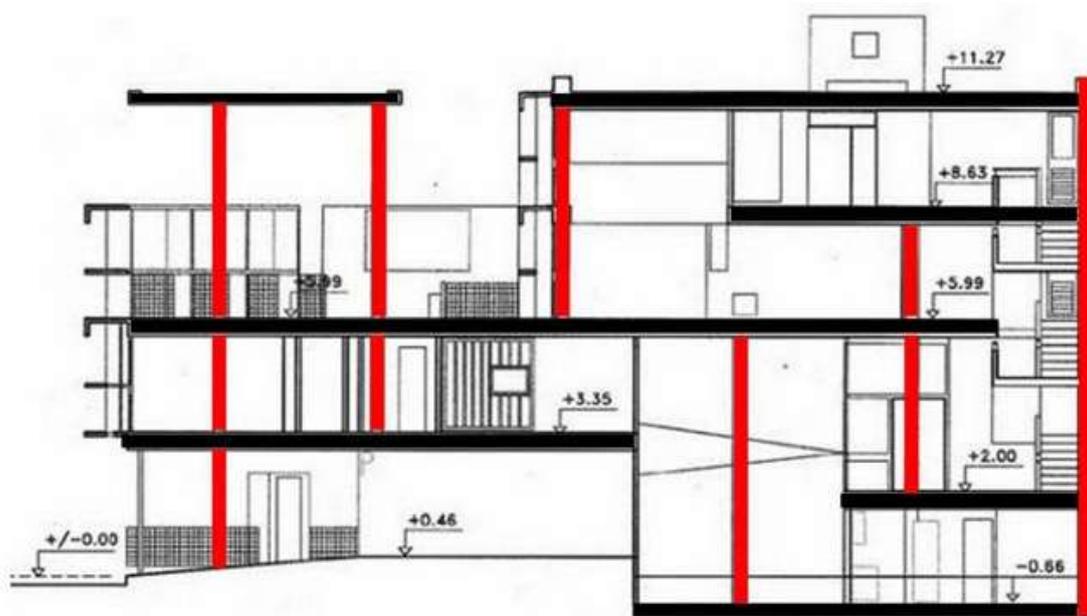


Figura 28

## LOS MEDIOS Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EMPLEADAS

### Datos relativos a la vivienda:

**Propietario:** Dr. Pedro Domingo Curutchet

**Proyecto:** Arq. Le Corbusier

**Colaboradores:** Arq. Bernhard Hoesli y Arq. Roger Aujame ( 35 Rue Sévres, París)

**Dirección de obra:** Arq. Amancio Williams (1950-1951)

Arq. Simón Ungar (1952-1952)

Ing. Alberto Valdés (1953-1954)

**Ejecución:** coordinador Alberto Ringuelet (1950-1953)

**Cimentación:** Constructora Petersen, Thiele y Cruz

**Estructura H<sup>º</sup>A<sup>º</sup>:** Ing. David Tessler

**Obra civil:** Ing. Mangano

**Electricidad:** Ing. Fidel Malisse

**Obras Sanitarias:** Ing. Tilloux

**Carpinterías:** Severino Pita

**Superficie solar:** 174,78 m<sup>2</sup>

**Superficie construida:** 345 m<sup>2</sup>

**Ubicación:** Calle 53 n<sup>º</sup> 320, La Plata, Buenos Aires, Argentina

**Rehabilitaciones:** 1987-1988

La obra de la Casa Curutchet fue programada por Le Corbusier con los materiales que el solía utilizar. Esto acarreo algún problema, ya que por ejemplo los paños vidriados que se proyectaron poseían dimensiones muy grandes y no eran de fabricación argentina, se debían de pedir a Europa y eran muy costosos. Por estos motivos Williams ajusta las dimensiones de las carpinterías.

La estructura se resuelve con pilares de sección circular de veinte centímetros de diámetro en hormigón armado, disponiéndose en tres líneas sobre el lado mas largo del solar, que generan dos crujías. Sobre estos se colocan losas de hormigón armado encasetonadas y un espesor total de 40 centímetros, se preveía la colocación de falsos techos pero Williams resuelve las losas con vigas invertidas para lograr un acabado inferior continuo ahorrando los falsos techos.

La construcción de toda la estructura es separada de las medianeras de los edificios colindantes. Todos los cerramientos y tabiques interiores se resuelven con estructura de fábrica de ladrillo y un revoco con acabado blanco en la totalidad del exterior y de los ambientes interiores, menos los cuartos húmedos.

Los brisei-solei se construyen con hormigón armado del tipo alveolar con un espesor constante. Mientras que la totalidad de las carpinterías son realizadas en madera de roble, con paños fijos, y otros de apertura practicable o corredera. Todas ellas se resuelven sin precerco, contando únicamente con el cerco y los junquillos para albergar los vidrios simples. Las puertas se resuelven de la misma manera y son pivotantes.

Por último, las terrazas y cubiertas son de tipología plana, impermeabilizadas y con acabados cerámico la del primer nivel, mientras que las mas elevadas ( no accesibles) se resuelven con laminas impermeabilizadoras simplemente. Éstas últimas ocasionaron serios problemas de filtraciones a causa de las vigas invertidas, ya que dividían la zona en pequeños rectángulos y dificultaban la correcta evacuación.

En cuanto a instalaciones de la vivienda existe poca documentación. Existe una chimenea de leña ubicada en el salón que se proyecta con la vivienda y en la planta baja se ubica una zona destinada a la caldera que alimenta radiadores de fundición ubicados sobre los zócalos (dimensiones reducidas) y otros en los baños, de mayores dimensiones y con la finalidad de calentar las toallas, siendo el sistema de calefacción alimentado por gasóleo, con un deposito en el nivel inferior.

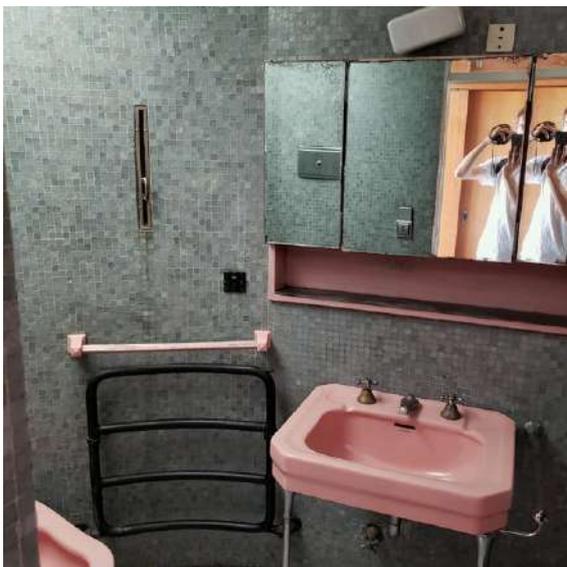


Figura 28



Figura 29

## DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

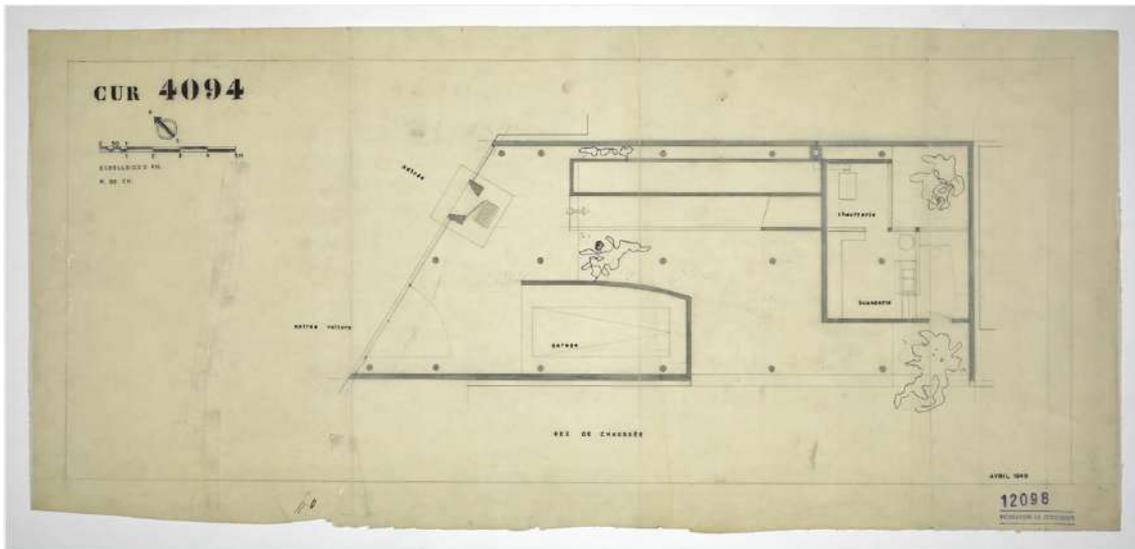


Figura 30

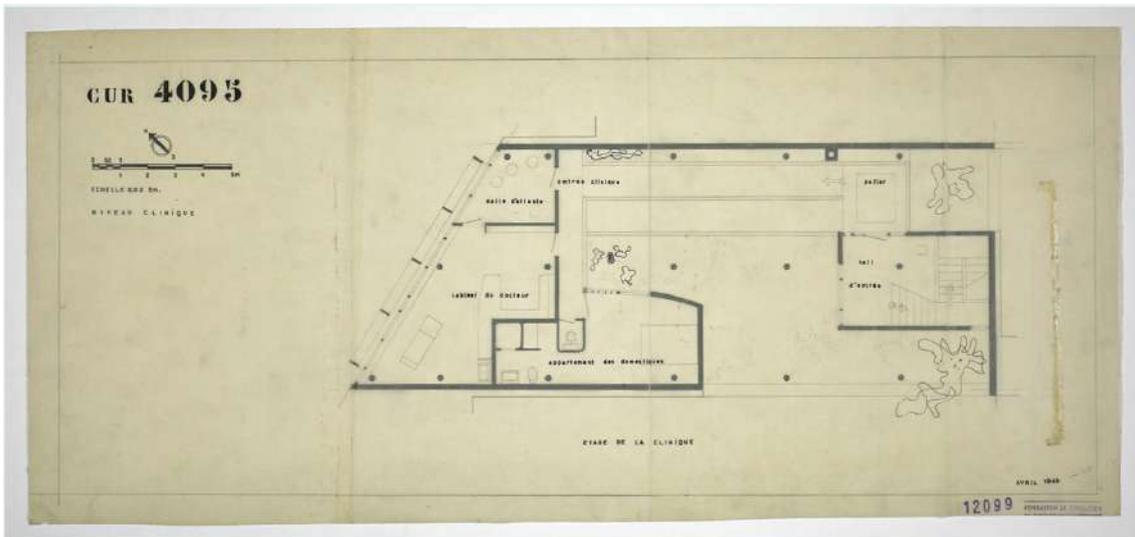


Figura 31

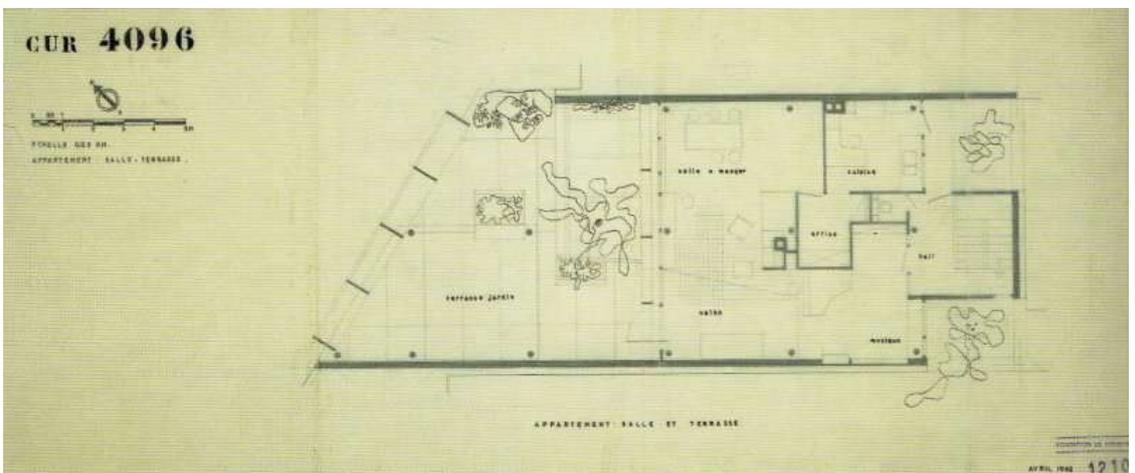


Figura 32

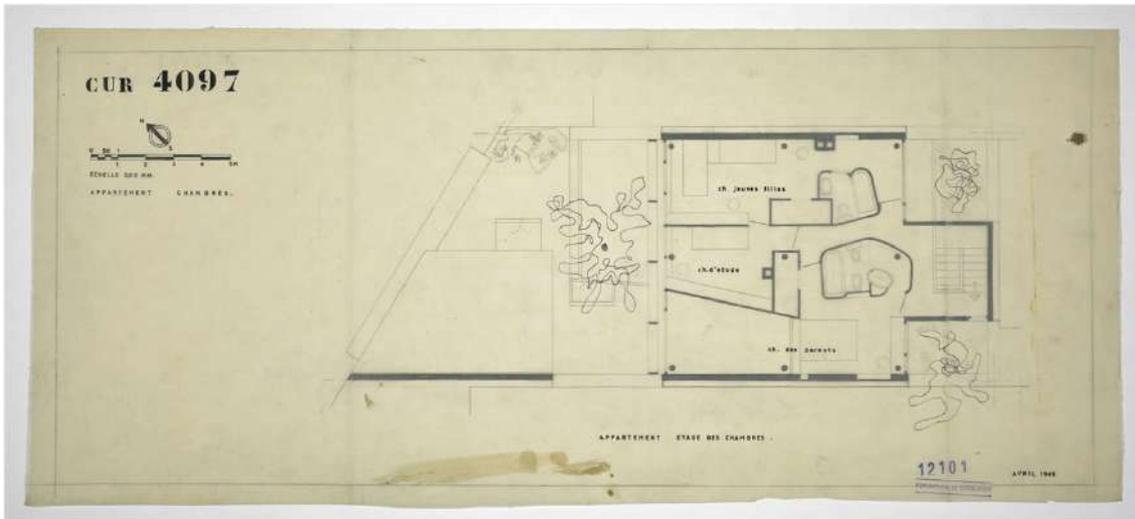


Figura 33

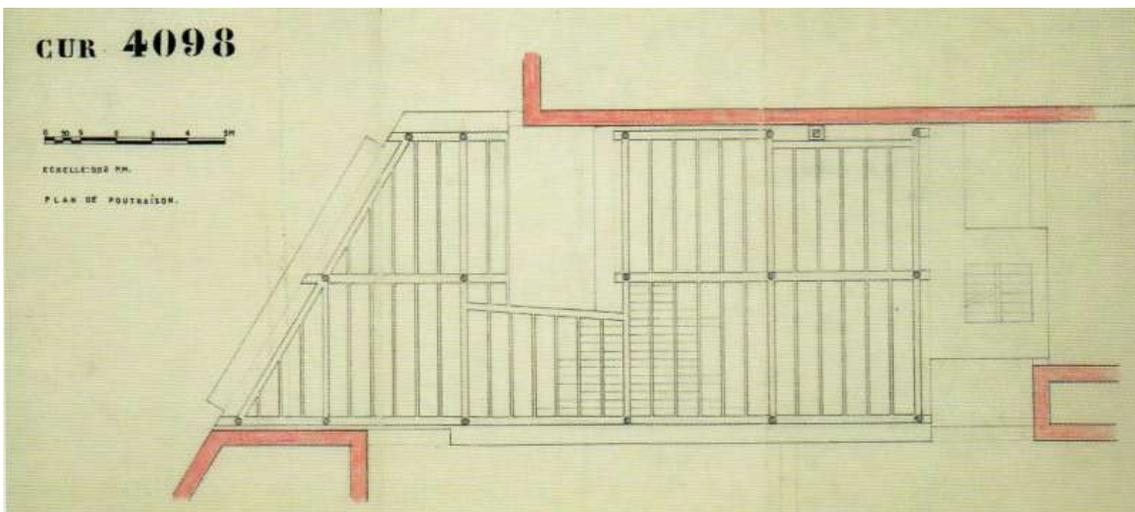


Figura 34

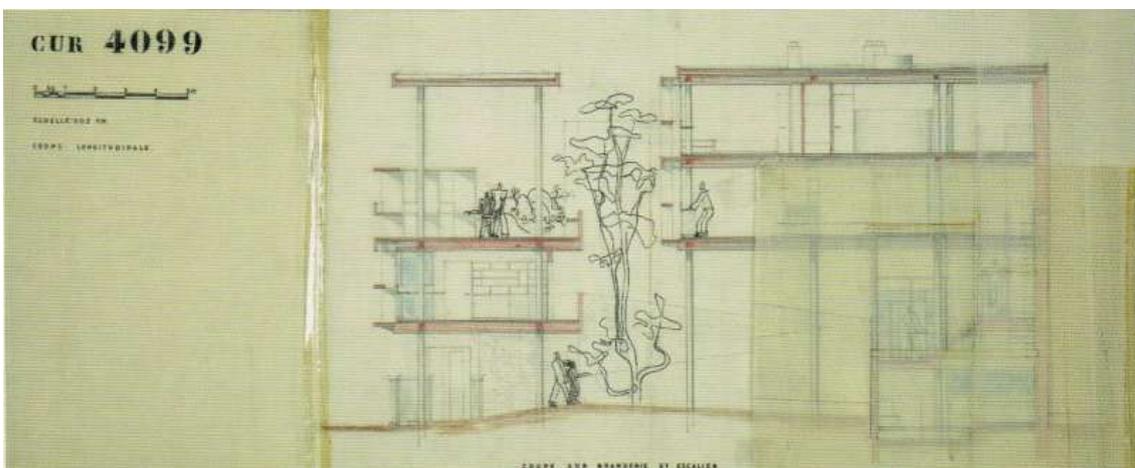


Figura 35

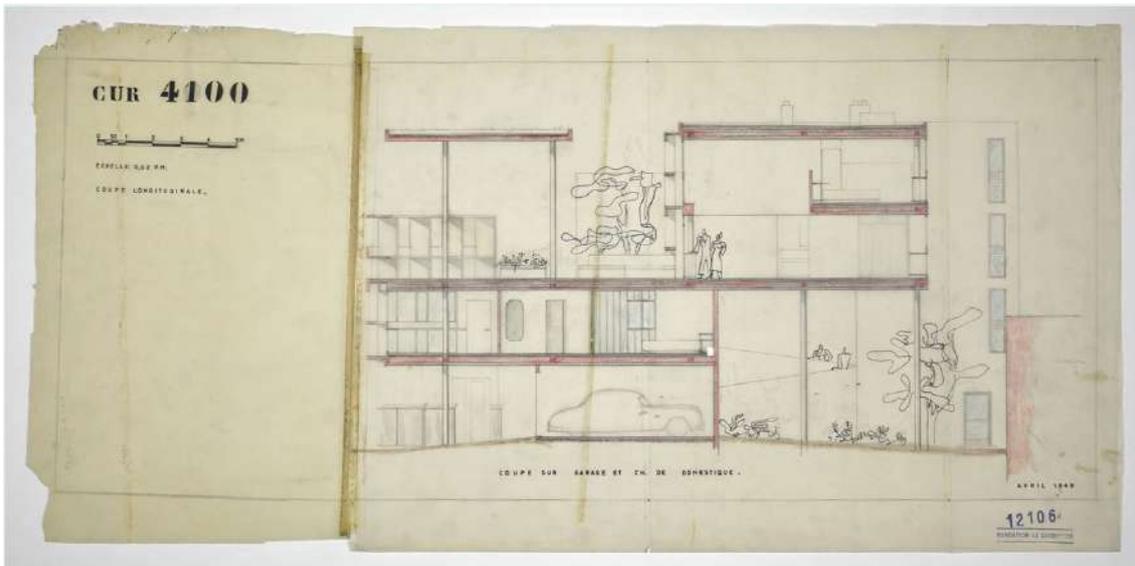


Figura 36

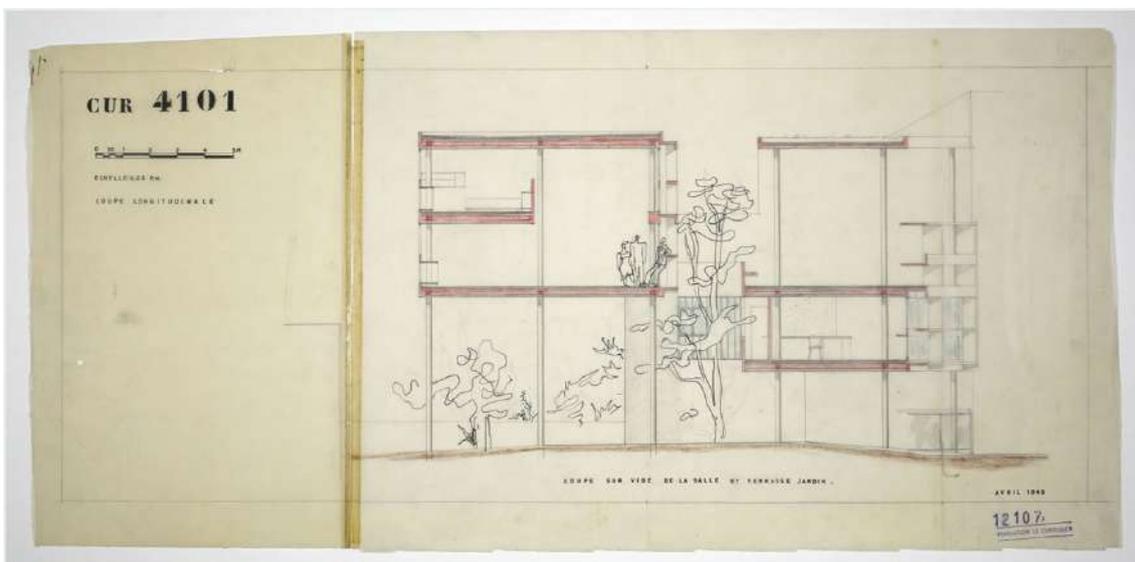


Figura 37

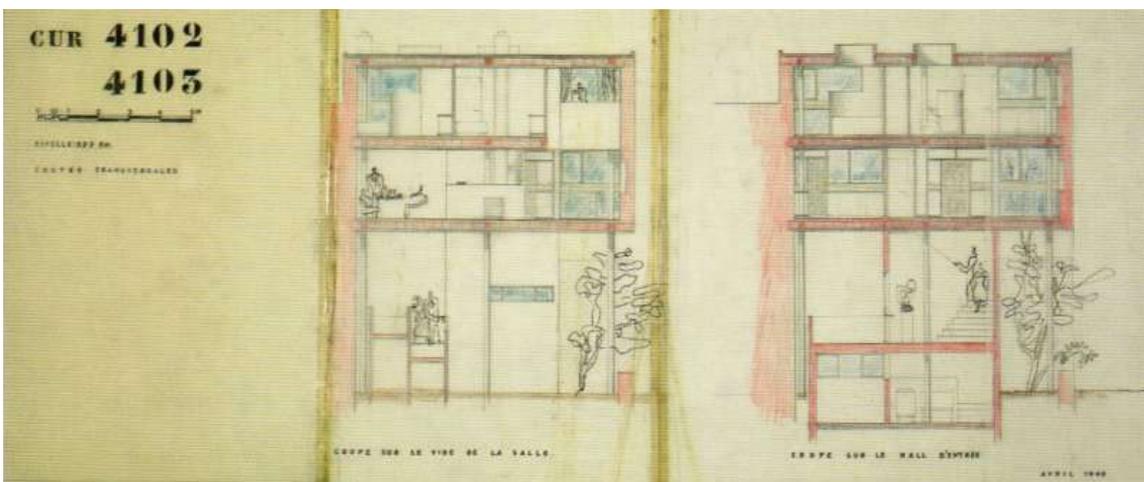


Figura 38

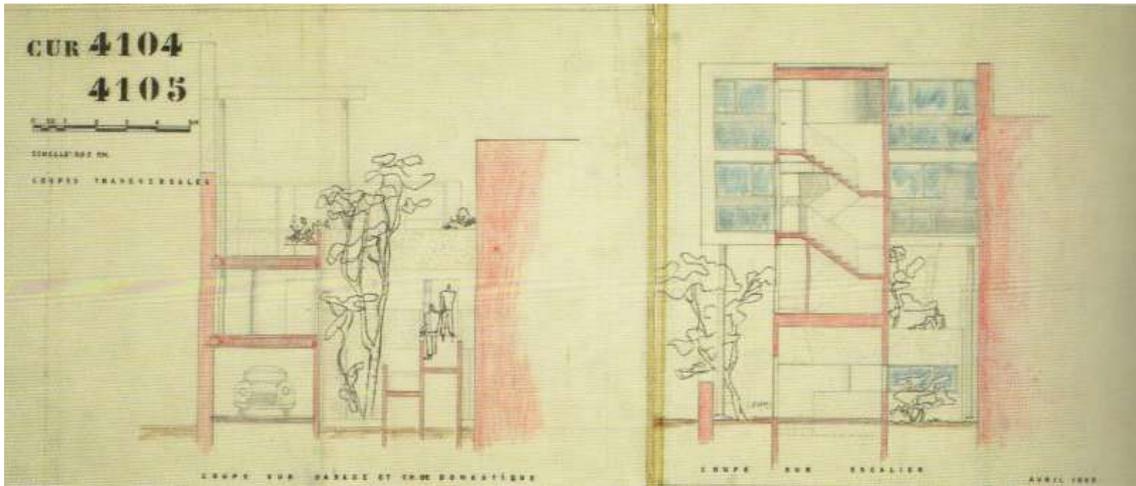


Figura 39

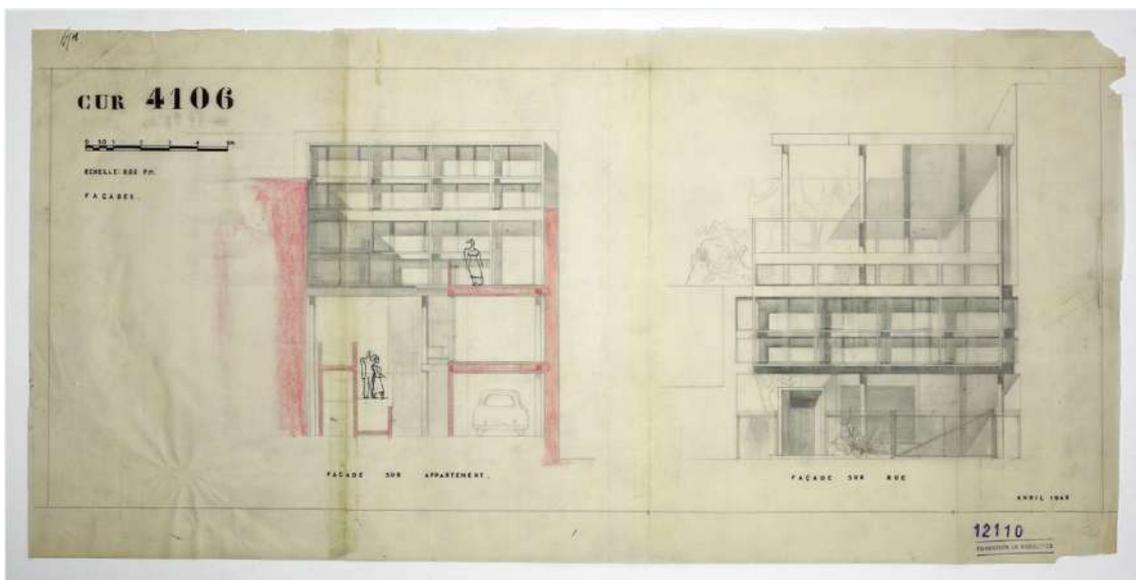


Figura 40

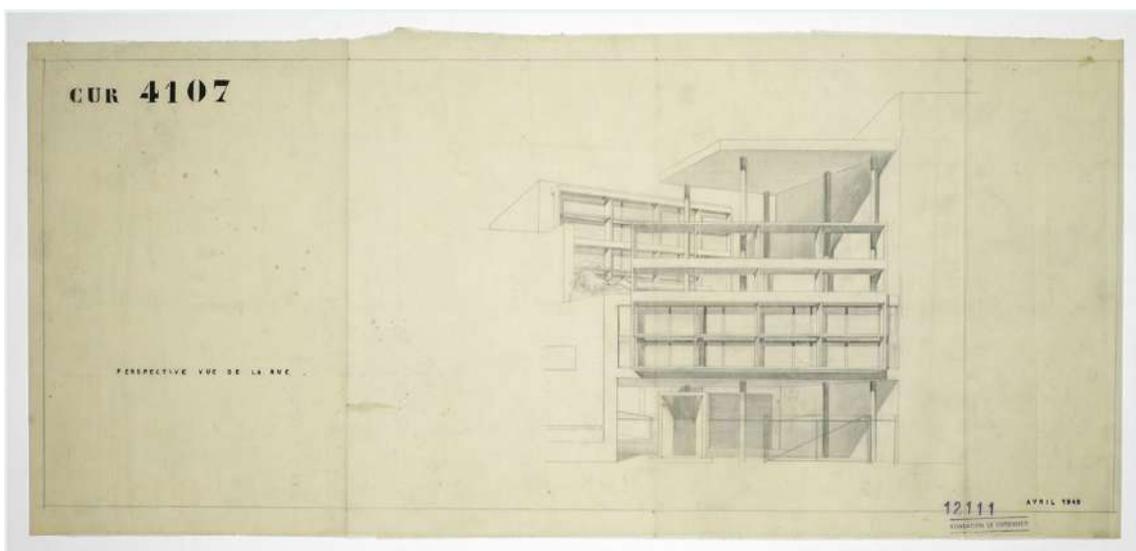


Figura 41

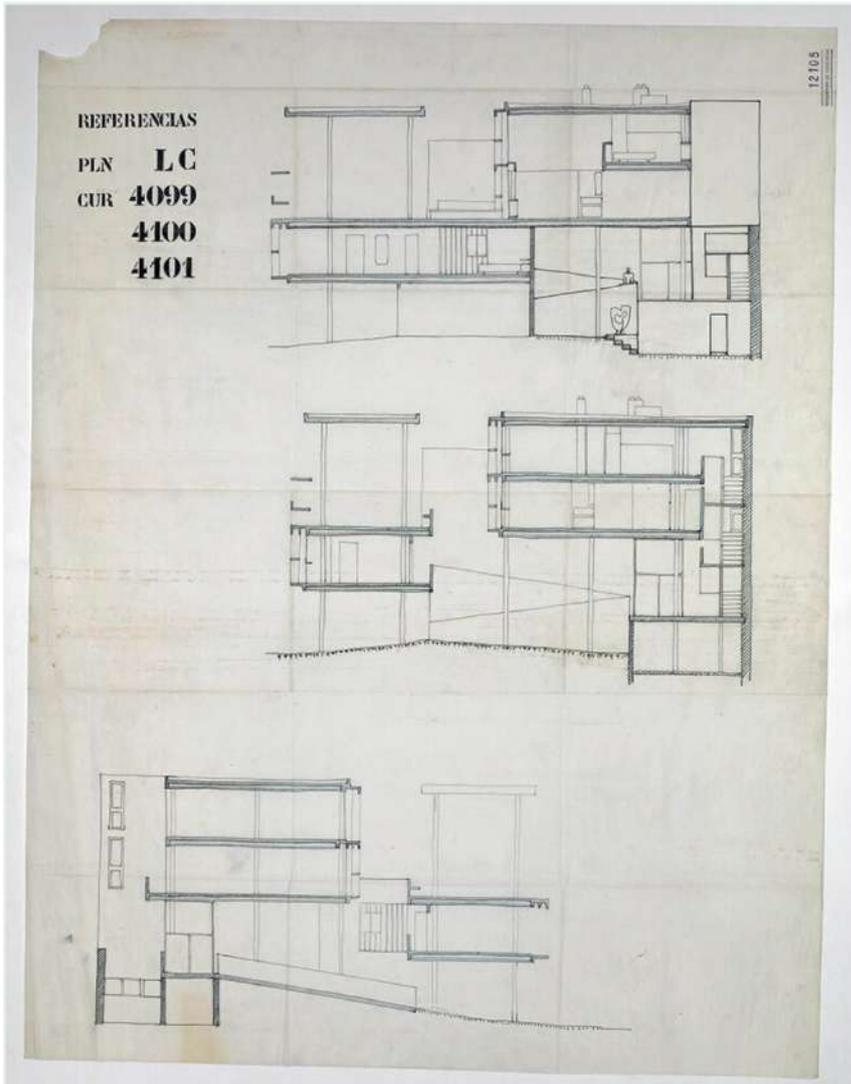


Figura 42

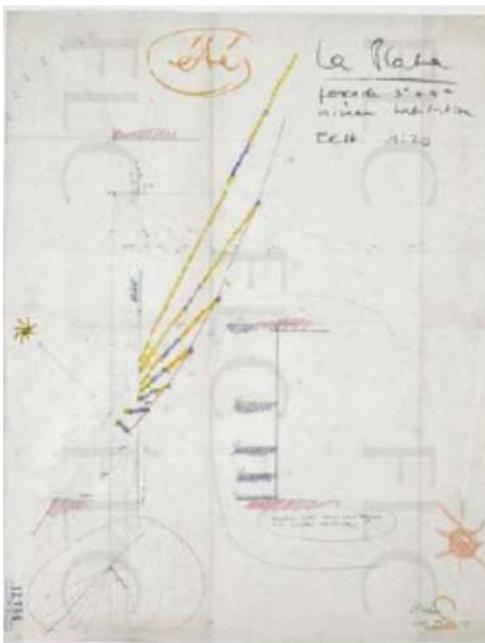


Figura 43



Figura 44

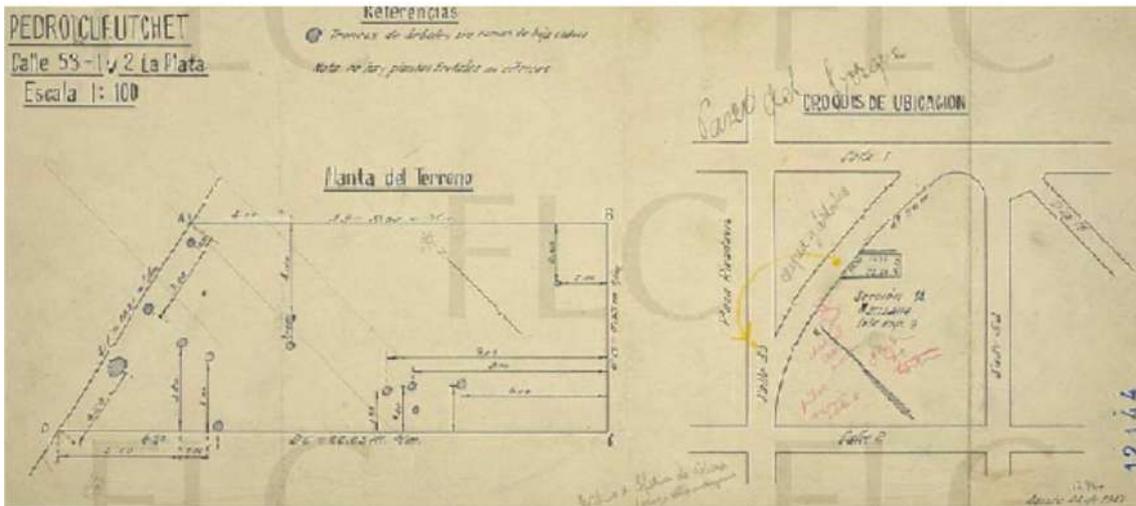


Figura 45

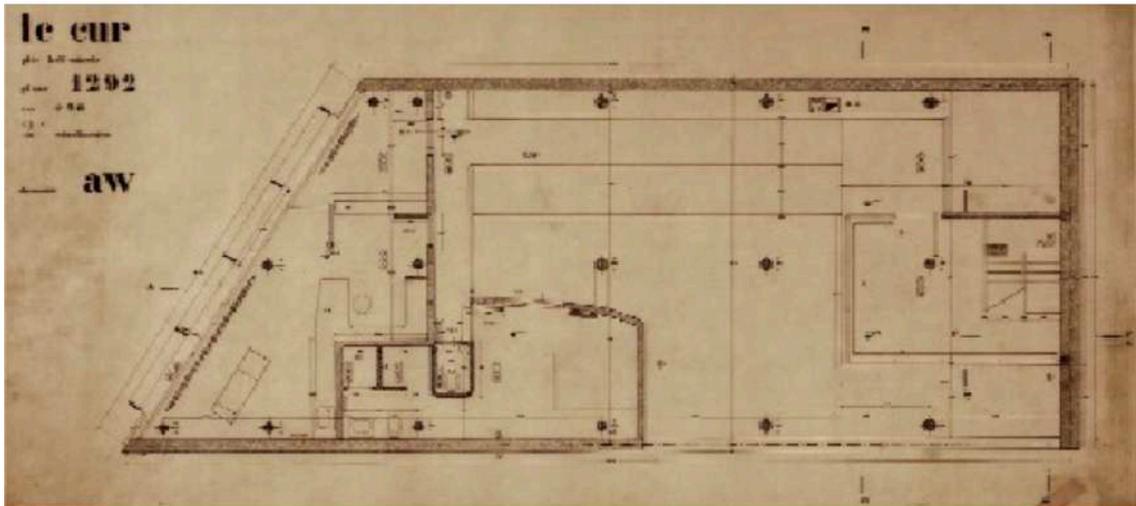


Figura 46

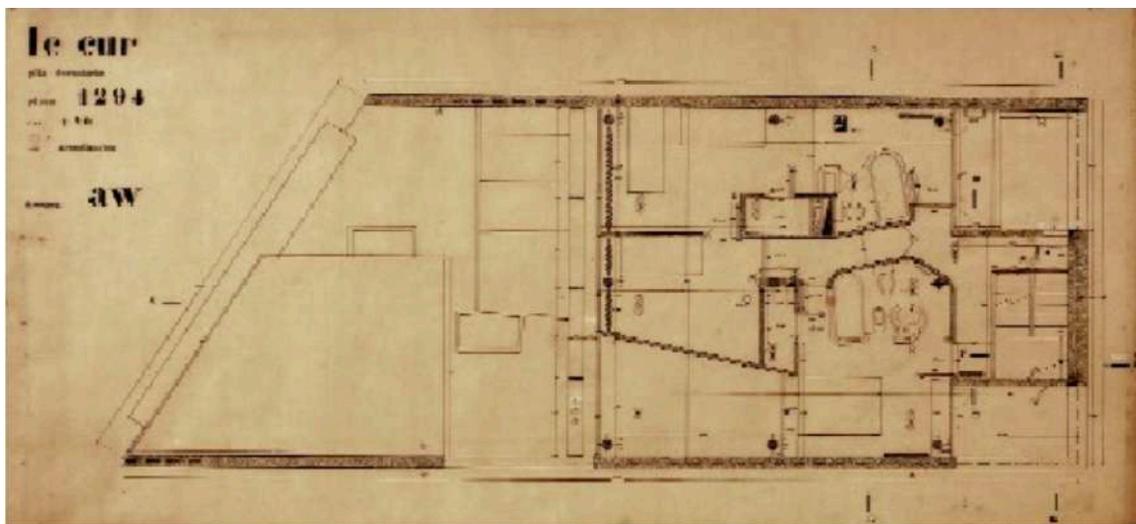


Figura 47

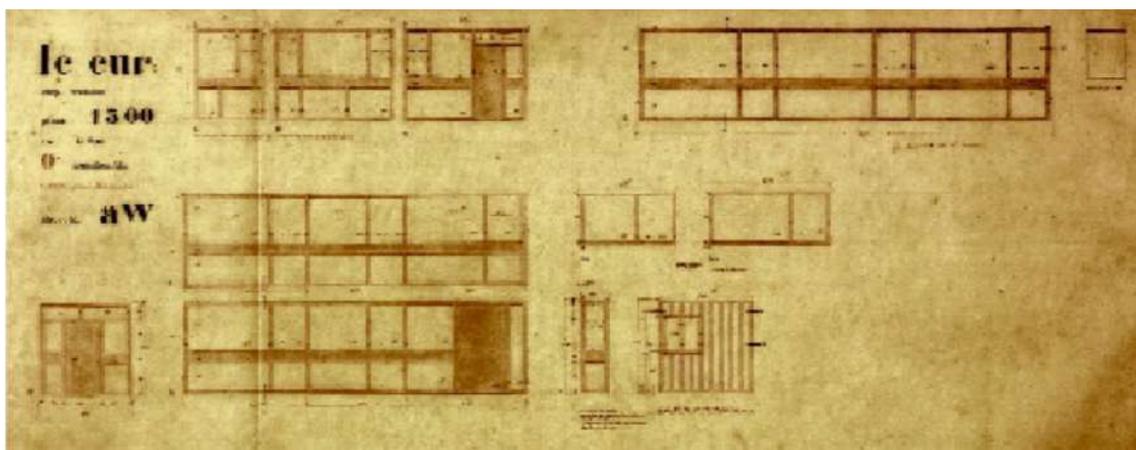


Figura 48

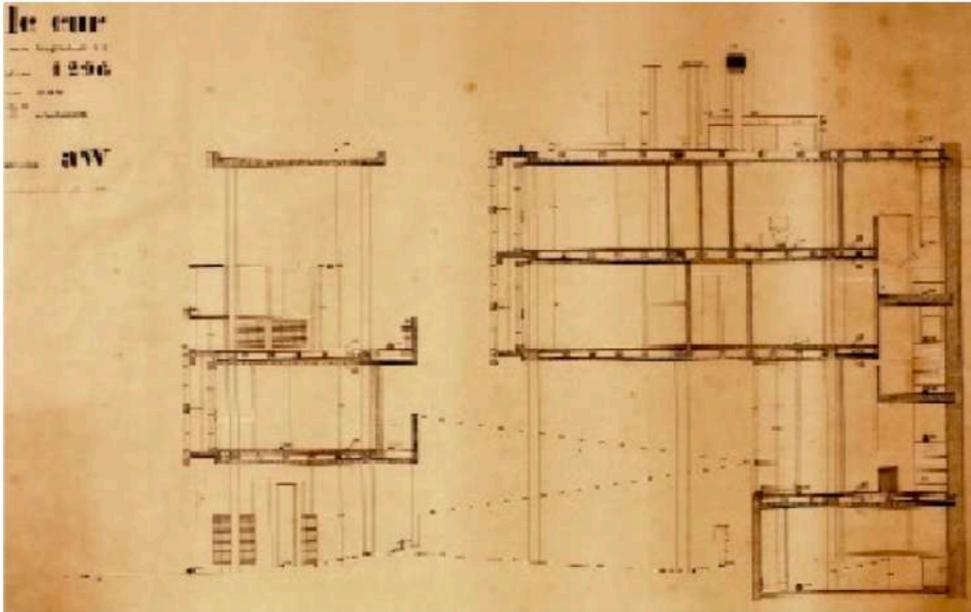
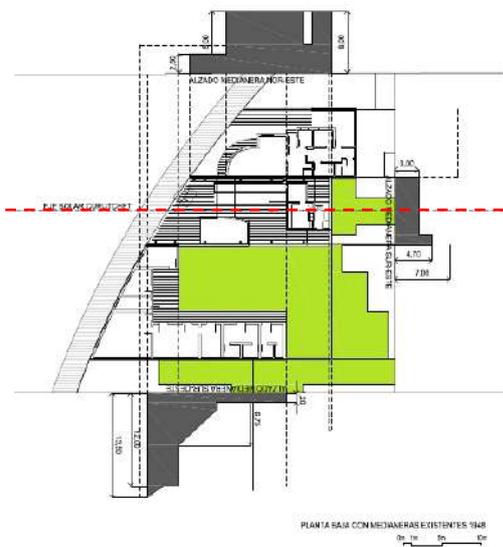


Figura 49

## ANÁLISIS TÉCNICO DE LA OBRA ACTUAL

Esta etapa del trabajo se desarrolla basándose en documentación obtenida sobre los planos que de ahora en adelante llamaremos planos de la obra actual. Con esto se quiere hacer notar la diferencia con la documentación gráfica del capítulo anterior, donde por una parte se encuentran los planos originales de Le Corbusier y por otra los de Amancio Williams. Debemos recordar que desde las modificaciones de Williams, han existido otras por parte de Simón Ungar, que modificaron la exhaustiva documentación ejecutada por el estudio de Williams. De los dieciséis planos entregados por Le Corbusier al Dr. Curutchet, Williams y su equipo llegan a elaborar doscientos planos para ejecutar esta vivienda.

Datos del solar:



Superficie: 174,78 m<sup>2</sup>

Límite Norte: 10,30 m

Límite Sur: 8,75 m

Límite Oeste: 22,65 m

Límite Este: 17,30 m

Norte: 139º respecto al  
eje solar

Figura 49

Locales y Superficies:

NIVEL (m)	Nº	TÍPO DE LOCAL	SUP. CONST. (m <sup>2</sup> )	SUP. ÚTIL (m <sup>2</sup> )	ALTURA (m)
-0,10	1	DEPÓSITO / ALMACÉN	64,85	14,25	2,26
	2	LAVANDERÍA /SALA DE MÁQUINAS		4,71	2,26
	3	HABITACIÓN DE SERVICIO		13,60	2,26
	4	BAÑO DE SERVICIO		0,92	2,26
+0,35	5	GARAGE	60,45	17,37	2,49
+0,46	6	SALA DE ESPERA		5,20	2,26
	7	CONSULTA MEDICA		22,82	2,26
	8	ASEO		1,57	2,26
	9	SALA DE INTERNACIÓN		11,62	2,26
10	BAÑO	4,00	2,26		
+2,00	11	HALL DE ACCESO VIVIENDA	19,20	5,42	3,59
+5,99	12	SALÓN - COMEDOR	85,35	59,25	2,26 4,92
	13	COCINA		9,41	2,26
	14	BAÑO		1,37	2,26
	15	BALCÓN		3,14	-
	16	TERRAZA		49,30	-
+8,63	17	HABITACIÓN MATRIMONIO	71,60	10,20	2,26
	18	BAÑO MATRIMONIO		2,30	2,26
	19	HABITACIÓN HIJAS		11,42	2,26
	20	BAÑO HIJAS		2,18	2,26
	21	SALA DE ESTUDIO		9,59	2,26
	22	SALA DE ESTAR		14,40	2,26
			<b>301,45</b>	<b>274,04</b>	

Tabla N°1: Locales y superficies

Medidas tomadas de planos de planta, secciones y alzados en: CHACÓN PIÑA, Cristian M. , MERCHÁN BUSTOS, Grace C. , PINEDA GUNCAY, Katherine N. (2015). "LE CORBUSIER: CRITERIOS PARA AFRONTAR UN PROYECTO ARQUITECTÓNICO A PARTIR DEL ANÁLISIS DEL LUGAR" .(tesis final de grado). Universidad de Cuenca. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Cuenca, Ecuador.

## ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

En este apartado analizaremos los distintos elementos que comportan la envolvente térmica de la Casa Curutchet, siendo posible dos vías de estudio. La primera sería analizar el conjunto de la vivienda como un todo, obteniendo una única certificación para los dos usos que esta posee, el residencial y el de oficina o administrativo. La otra alternativa sería estudiar los dos usos como dos unidades independientes, obteniendo dos certificaciones que podrán ser diferentes o no, basando esta vía en que los dos usos que posee la vivienda están claramente separados de manera teórica y real, puesto que comparten el núcleo de comunicación del vacío interno pero actúan como dos unidades totalmente independientes, compartiendo solo la terraza que es la cubierta de la zona de consultorio.

La envolvente térmica:





Figuras 50 a 54

## Análisis de fachadas y huecos

ZONA	NIVEL	FACHADA ORIENTACIÓN	SUP. TOTAL (m2)	SUP. HUECOS (m2)	% HUECOS
ZONA 1 AREA PROFESIONAL	+3.35	NORTE	27,40	22,60	82
		SUROESTE (m)	21,55	-	-
		SUROESTE (m*)	10,91	-	-
		SURESTE	23,59	6,31	27
		NOROESTE	2,49	1,56	62
		NORESTE	13,06	7,12	55
		NORESTE (m*)	4,26	-	-
ZONA 2 VIVIENDA	+2.00	NOROESTE	14,20	7,29	51
		SUROESTE	24,06	-	-
		SURESTE	15,63	-	-
		NORESTE	24,06	12,21	51
	+5.99	NOROESTE	22,48	19,10	85
		SUROESTE	8,65	-	-
		SUROESTE (m*)	21,97	-	-
		SURESTE	25,78	10,66	41
		NORESTE	8,59	1,51	18
		NORESTE (m)	21,97	-	-
	+8.63	NOROESTE	22,48	19,10	85
		SUROESTE	8,65	-	-
		SUROESTE (m*)	21,97	-	-
		SURESTE	25,78	10,66	41
		NORESTE	8,59	-	-
NORESTE (m)		21,97	-	-	

Tabla N°2: Fachadas y huecos

La anterior tabla analiza todas las fachadas, teniendo en cuenta las medianeras y diferenciándolas según tengan o no edificaciones colindantes. La nomenclatura (m) significa muro medianero con edificación colindante, mientras que la (m\*) significa muro medianero en contacto con el aire. Para la medianera Sureste se ha tenido en cuenta que pierde el carácter de cerramiento de estas características puesto que se ha unificado la parcela de la casa con la inmediatamente posterior por esa cara, por este motivo la se ha identificado como una fachada mas, no diferenciándola con la letra m.

Por otra parte la medianera Noreste posee un pequeño hueco que no se ha tenido en cuenta ya que resulta pequeño en relación a total de la superficie, por esto se ha tenido en cuenta como un único paño de medianera colindante con edificación.

Si analizamos los datos reflejados por la tabla veremos que se han diferenciado la ZONA 1 y la ZONA 2, analizando por una parte la zona residencial y por otra la vivienda. Como se puede observar la superficie que ocupan los huecos con respecto al total de la fachada en la que se encuentran es relativamente alto. Si hacemos un promedio nos encontramos con:

#### ZONA 1: Área profesional

Total de fachadas y medianeras en contacto con el aire : 81,70 m<sup>2</sup>

Total de fachadas y medianeras: 103,25 m<sup>2</sup>

Total de huecos: 37,59 m<sup>2</sup>

%Huecos-Fachadas y medianeras en contacto con el aire: 46%

%Huecos-Fachadas y Medianeras: 34%

#### ZONA 2: Vivienda

Total de fachadas y medianeras en contacto con el aire: 252,87 m<sup>2</sup>

Total de fachadas y medianeras: 296,82 m<sup>2</sup>

Total de huecos: 80,51 m<sup>2</sup>

%Huecos-Fachadas y medianeras en contacto con el aire: 32%

%Huecos-Fachadas y Medianeras: 27%

#### TOTAL ZONA 1 + ZONA 2

%Huecos-Fachadas y medianeras en contacto con el aire: 38%

%Huecos-Fachadas y Medianeras: 29%

Como conclusiones a estos cálculos se puede decir que en comparación, la zona profesional posee mayor proporción de huecos, pues tiene menos medianeras. En cambio en la vivienda el porcentaje de huecos disminuye, no porque haya menos sino porque hay mayor cantidad de medianeras que actúan como fachadas ciegas a la hora de estos cálculos ( por estar en contacto con el aire y no con un edificio). Esto quiere decir que si analizamos cada una de las fachadas por separado, como se puede ver en la tabla nº 2 observamos que en las fachadas el numero de huecos tiene un porcentaje relativamente alto, siendo las mas permeables la fachada norte del consultorio y la fachada noroeste de la vivienda. Por este motivo se recurre a la instalación del brisei-solei, que se analizará mas adelante.

## Cálculo de transmitancias de la envolvente térmica

Cerramiento Vertical / Muro exterior en contacto con aire

Material	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor (m)	$\lambda$ (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K/W)
Rsi				0,130
Mortero de cemento para revoco	1450-1600	0,010	0,80	0,013
Fábrica de ladrillo macizo LM de 240 a 280 mm de espesor	2140	0,280	1,65	0,170
Mortero de cemento para revoco	1450-1600	0,010	0,80	0,013
Mortero de yeso - enlucido	< 1600	0,010	0,80	0,020
Rse				0,040

<b>Rtotal (m<sup>2</sup>.K/W)</b>	<b>0,385</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup>.K)</b>	<b>2,599</b>

Cerramiento Vertical / Muro exterior en contacto con aire

Material	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor (m)	$\lambda$ (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K/W)
Rsi				0,130
Mortero de cemento para revoco	1450-1600	0,010	0,80	0,013
Fábrica de ladrillo macizo LM de 115 a 130 mm de espesor	2170	0,150	1,65	0,091
Mortero de cemento para revoco	1450-1600	0,010	0,80	0,013
Mortero de yeso - enlucido	< 1600	0,010	0,80	0,020
Rse				0,040

<b>Rtotal (m<sup>2</sup>.K/W)</b>	<b>0,306</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup>.K)</b>	<b>3,271</b>

Cerramiento Vertical / Muro exterior en contacto con espacio no habitable (m\*)

Material	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor (m)	$\lambda$ (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K/W)
Rsi				0,130
Mortero de cemento para revoco	1450-1600	0,010	0,80	0,013
Fábrica de ladrillo macizo LM de 240 a 280 mm de espesor	2140	0,280	1,65	0,170
Mortero de cemento para revoco	1450-1600	0,010	0,80	0,013
Mortero de yeso - enlucido	< 1600	0,010	0,80	0,020
Rse				0,130

<b>Rtotal (m<sup>2</sup>.K/W)</b>	<b>0,475</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup>.K)</b>	<b>2,106</b>

Cerramiento Horizontal / Forjado en contacto con aire

Material	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor (m)	$\lambda$ (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K/W)
Rsi				0,170
Azulejo cerámico	2300	0,015	1,3	0,020
Mortero de cemento para albañilería	1450-1600	0,010	0,80	0,008
Capa de nivelación (mortero genérico)	<1000	0,050	0,41	0,021
Forjado de H <sup>9</sup> A <sup>9</sup> con entrevigado aligerado	1510	0,400	1,90	0,210
Mortero de yeso - enlucido	< 1600	0,010	0,80	0,008
Rse				0,040

<b>Rtotal (m<sup>2</sup>.K/W)</b>	<b>0,476</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup>.K)</b>	<b>2,101</b>

Cerramiento Horizontal / Forjado en contacto con espacio no habitable

Material	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor (m)	$\lambda$ (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K/W)
Rsi				0,170
Azulejo cerámico	2300	0,015	1,3	0,020
Mortero de cemento para albañilería	1450-1600	0,010	0,80	0,008
Capa de nivelación (mortero genérico)	<1000	0,050	0,41	0,021
Forjado de H <sup>º</sup> A <sup>º</sup> con entrevigado aligerado	1510	0,400	1,90	0,210
Mortero de yeso - enlucido	< 1600	0,010	0,80	0,008
Rse				0,170

<b>Rtotal (m<sup>2</sup>.K/W))</b>	<b>0,606</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup>.K)</b>	<b>1,650</b>

Cerramiento Horizontal / Cubierta plana

Material	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor (m)	$\lambda$ (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K/W)
Rsi				0,040
Azulejo cerámico	2300	0,02	1,3	0,026
Mortero de cemento para albañilería	1450-1600	0,010	0,80	0,008
Capa de nivelación (mortero genérico)	<1000	0,050	0,41	0,021
Lámina de betún	1200	0,005	0,23	0,001
Forjado de H <sup>º</sup> A <sup>º</sup> con entrevigado aligerado	1510	0,400	1,90	0,210
Mortero de yeso - enlucido	< 1600	0,010	0,80	0,008
Rse				0,100

<b>Rtotal (m<sup>2</sup>.K/W))</b>	<b>0,414</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup>.K)</b>	<b>2,418</b>

Tabla N<sup>º</sup>3: Transmitancias

En las anteriores tablas se puede observar cómo los valores U de transmitancia térmica de los diferentes elementos verticales y horizontales resultan inaceptables hoy en día. Si utilizamos el CTE como guía básica a cumplir, suponiendo que el edificio se encontrara en España, veríamos que estos valores no cumplirían en ninguna de las zonas del territorio español. Debemos recordar la fecha en la que se construye esta vivienda, donde no existía ningún tipo de normativa que regulara estas cuestiones, y actualmente para construir en Buenos Aires tampoco existe una reglamentación o normativa obligatoria a efectos de ahorro energético, por lo que este tipo de cerramientos suelen ser habituales actualmente, por mas extraño que pueda parecer.

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica,  $U_{lim}$  [ $W/m^2K$ ]

Elemento	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior ( $U_s, U_M$ )	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior ( $U_c$ )	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno ( $U_T$ ) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica ( $U_{MD}$ )	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) ( $U_H$ )*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%				5,7		

\*Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de  $U_H$  en un 50%.

Figura 55

Tabla 2.4 Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades de distinto uso, zonas comunes, y medianerías, U en  $W/m^2 \cdot K$

Tipo de elemento	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70

Figura 56

Tabla 2.5 Transmitancia térmica límite de particiones interiores, cuando delimiten unidades del mismo uso, U en  $W/m^2 \cdot K$

Tipo de elemento	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Particiones horizontales	1,90	1,80	1,55	1,35	1,20	1,00
Particiones verticales	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	1,00

Figura 57

## Cálculo de transmitancias de las carpinterías

En este apartado analizaremos únicamente una tipología de carpinterías destinadas a ventanas, resumiendo así el carácter general de la obra en este ámbito, más adelante se encuentra un cuadro detallando todas las carpinterías. La casa Curutchet posee una gran cantidad de superficie con paños acristalados, como hemos visto en análisis anteriores. Muchos de ellos se resuelven con tipología fija, y encontramos una serie de particiones practicables para hacer posible la ventilación. Los elementos practicables suelen ser correderos aunque también encontramos algunos de apertura batiente hacia el interior.

La totalidad de las carpinterías se resuelve en madera de roble con cercos de 70x70 mm., junquillos por el interior, masilla por el exterior y la utilización de vidrios simples de 6 mm. Todas las puertas de acceso a la vivienda son de tipo pivotante. Debemos mencionar que las carpinterías son de líneas muy simples y puristas, carecen de gomas o juntas de estanqueidad por lo que resultan además de poco efectivas a efectos del aislamiento térmico, muy desfavorables en cuanto a permeabilidad al aire se refiere.

Carpintería de Ejemplo:

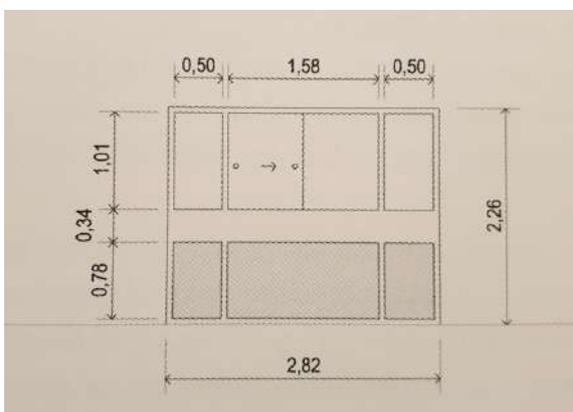


Figura 58

$$U_H = F_m \cdot U_M + F_v \cdot U_V$$

Donde

**U<sub>H</sub>**: transmitancia del hueco

**F<sub>m</sub>** es la fracción del hueco ocupada por el marco en el caso de ventanas o la fracción de la parte maciza en el caso de puertas.

**F<sub>v</sub>** es la fracción del hueco ocupada por el cristal.

**U<sub>M</sub>** es la transmitancia del marco.

**U<sub>V</sub>** es la transmitancia del cristal.

$$U_H = 0,18 \cdot 2,40 + 0,82 \cdot 5,70 = 5,11 \text{ (W/m}^2\text{.K)}$$

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de *transmitancia térmica*, U<sub>lim</sub> [W/m²K]

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U <sub>s</sub> , U <sub>M</sub> )	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U <sub>c</sub> )	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U <sub>T</sub> )	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la <i>envolvente térmica</i> (U <sub>MD</sub> )						
<i>Huecos</i> (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U <sub>H</sub> )*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%			5,7			

\*Los *huecos* con uso de escaparate en *unidades de uso* con actividad comercial pueden incrementar el valor de U<sub>H</sub> en un 50%.

Figura 59

Como podemos ver en el cálculo de la transmitancia del hueco obtenemos un valor de 5,7, siendo 3,2 la menos restrictiva ( zona climática de invierno A). Por lo tanto este tipo de ventanas no cumplirían ni siquiera la normativa del CTE. Con los lucernarios de los baños, que no han sido estudiados sucedería lo mismo, a causa de la utilización de vidrios simples y un ausente sistema de estanqueidad.

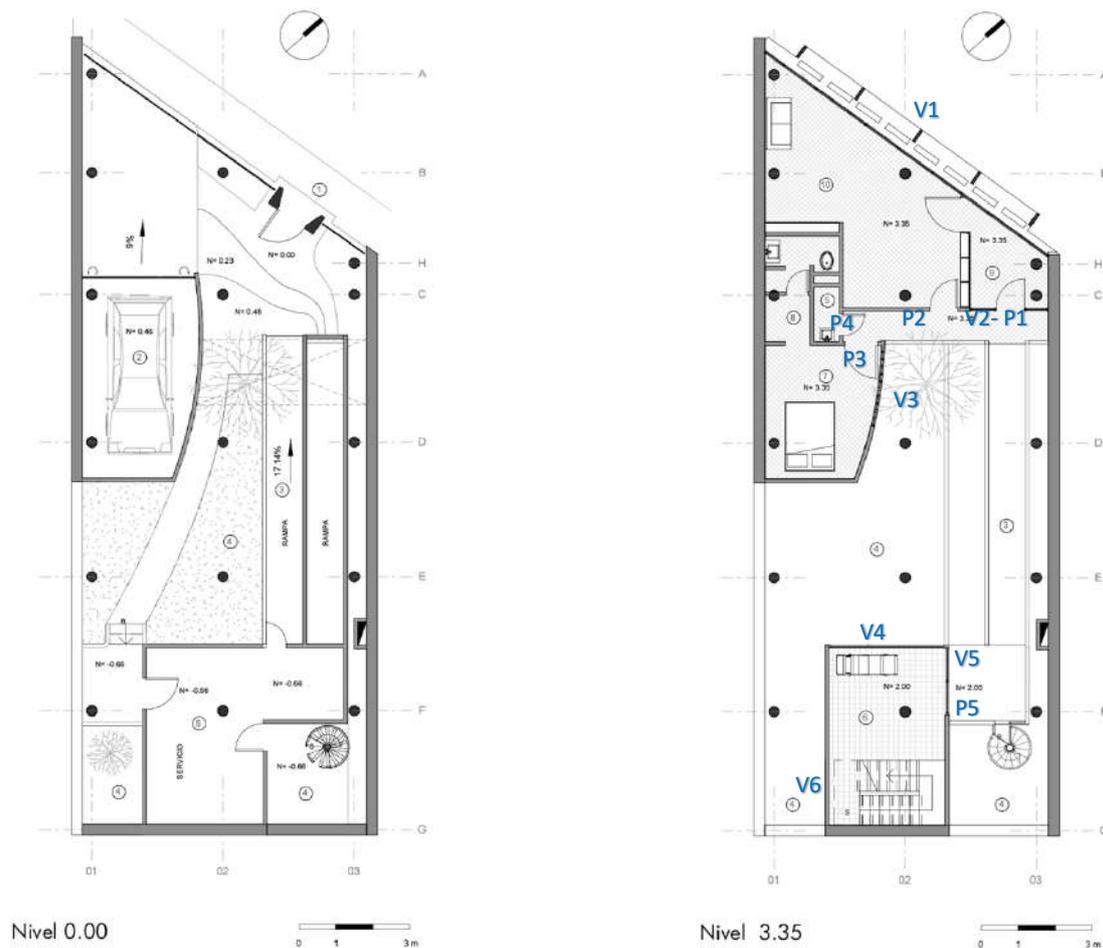
DENOMINACIÓN	NIVEL	UBICACIÓN	INCLINACIÓN	HUECO			MARCO		VIDRIO			W/m <sup>2</sup> .K	
				ANCHO (m)	ALTO (m)	SUP. (m <sup>2</sup> )	SUP. (m <sup>2</sup> )	%	SUP. (m <sup>2</sup> )	%	SUP. (m <sup>2</sup> )	%	U <sub>M</sub>
V1	3.35	NORTE	0	10,10	2,26	22,83	4,57	20	18,26	80	2,40	5,70	5,04
V2-P1	3.35	SURESTE	0	2,39	2,26	5,40	2,95	55	2,45	45	2,40	5,70	3,90
V3	3.35	NORESTE	0	1,72	2,26	3,89	1,75	45	2,14	55	2,40	5,70	4,22
P2	3.35	SURESTE	0	1,00	1,83	1,83	1,83	100	0,00	0	2,40	0,00	2,40
P3	3.35	NOROESTE	0	1,00	1,83	1,83	1,83	100	0,00	0	2,40	0,00	2,40
P4	3.35	NORESTE	0	1,00	1,83	1,83	1,83	100	0,00	0	2,40	0,00	2,40
V4	2.00	NOROESTE	0	3,59	3,59	12,89	1,67	13	11,22	87	2,40	5,70	5,27
V5-P5	2.00	NORESTE	0	2,26	3,59	8,11	3,93	48	4,18	52	2,40	5,70	4,10
V6	2.00	SUROESTE	0	1,83	0,74	1,35	0,43	32	0,92	68	2,40	5,70	4,64
V7	5.99	NORESTE	0	0,64	2,26	1,45	0,56	38	0,89	62	2,40	5,70	4,43
V8	5.99	SURESTE	0	2,22	2,26	5,02	1,30	26	3,72	74	2,40	5,70	4,85
V9 - P7	5.99	SURESTE	0	-	-	5,88	3,40	58	2,48	42	2,40	5,70	3,79
V10 conjunto	5.99	NOROESTE	0	8,45	2,26	19,10	6,08	32	13,02	68	2,40	5,70	4,65
P6	5.99	NORESTE	0	1,00	2,26	2,26	2,26	100	0	0	2,40	5,70	2,40
V6	8.63	SUROESTE	0	1,83	0,74	1,35	0,43	32	0,92	68	2,40	5,70	4,64
V7	8.63	NORESTE	0	0,64	2,26	1,45	0,56	38	0,89	62	2,40	5,70	4,43
V8	8.63	SURESTE	0	2,22	2,26	5,02	1,30	26	3,72	74	2,40	5,70	4,85
V10* conjunto	8.63	NOROESTE	0	8,45	2,26	19,10	3,93	21	15,17	79	2,40	5,70	5,02
V11	8.63	SURESTE	0	3,22	2,26	7,28	1,63	22	5,65	78	2,40	5,70	4,96
L1	11.27	CUBIERTA	estima:10º	-	-	0,96	0,25	26	0,71	74	7,20	5,70	6,09
L2	11.27	CUBIERTA	estima:10º	-	-	0,46	0,13	28	0,33	72	7,20	5,70	6,12

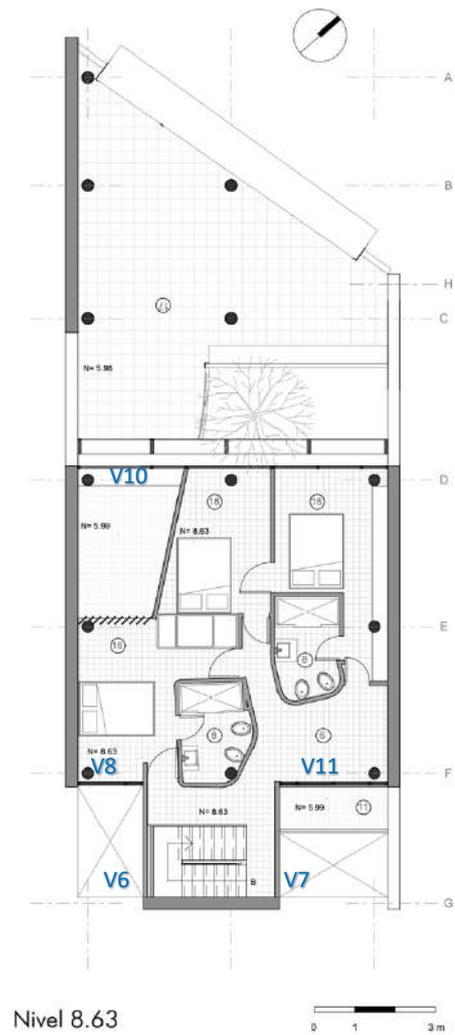
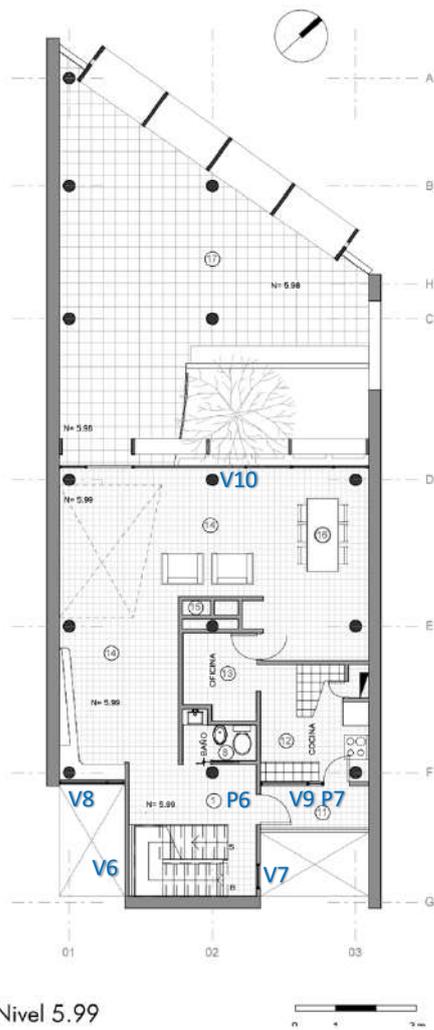
Tabla Nª4: Transmisiones Carpinterías

La anterior tabla refleja la totalidad de las carpinterías que se presentan en la vivienda y que forman parte de la envolvente térmica, por esto no se han tenido en cuenta las carpinterías del garaje y de el semisótano de servicios. Todas las cotas para poder realizar este documento se han sacado de restituciones gráficas de los planos de Amancio Williams y Simón Ungar, siendo de gran ayuda el trabajo realizado por Daniel Merro Johnston en su libro anteriormente citado, con el nombre de *Análisis Caligráfico (El autor y el intérprete, pp. 164-167)*.

Se debe mencionar que los valores de transmitancia de las partes ciegas y vidriadas son estándar pues no se cuenta con dicha documentación. Solo se sabe que se utilizó madera de roble de setenta milímetros para cercos y demás carpinterías ( se ha supuesto que las hojas ciegas de puertas son de madera maciza), mientras que los vidrios son simples y de seis milímetros.

Tampoco se han tenido en cuenta posibles factores de sombra o criterios de absortividad de marcos en función del color.





Figuras 60 a 64



Figuras 65

## ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

Con el análisis hecho hasta este momento logramos entender ciertos valores que nos servirán para cuestionar el comportamiento térmico de la vivienda, obteniendo como datos bases superficies de fachadas y de huecos, orientaciones, porcentajes de huecos en fachada, transmitancia de todos los tipos de cerramientos y carpinterías, etc.

Para comprender como es este comportamiento debemos resumir brevemente el lugar en donde se emplaza la obra y las características de su clima así como también los valores de confort térmicos que debería tener la vivienda para su uso.

Como se ha mencionado al principio de este trabajo la vivienda se ubica en la ciudad de La Plata, capital de la Provincia de Buenos Aires a una distancia de 52 km de la capital del país (Buenos Aires). Esta urbe actualmente se caracteriza como la cuarta en términos de población (Censo 2001), teniendo 862.539 habitantes y una densidad media de 6217,57 hab/km<sup>2</sup>. Se encuentra a 26 metros sobre el nivel del mar y según la legislación argentina el clima que le corresponde es el de Clima cálido húmedo – categoría IIIb. Posee veranos suaves con temperatura máxima media de 28,5°C e inviernos poco fuertes con una temperatura mínima media de 6,7°C, un promedio de humedad relativa ambiente alto que varía de 71 a 86% y vientos predominantes desde en Noreste al Sureste. Las temperaturas de diseño para verano e invierno son 34,5°C y 2,4°C respectivamente.

*El 71% de los días de un año estadístico las temperaturas medias del lugar se encuentran bajo el umbral del confort. Mientras que el 16% de los días de un año estadístico las temperaturas máximas superan los niveles de confort. (CZAJKOWSKI, 2018)*

Esto quiere decir que en invierno se deberá procurar el acceso de radiación solar lo máximo posible y proveer un buen aislamiento térmico de la envolvente. Mientras que en condiciones de verano deberán existir sistemas de protección solar, una buena ventilación nocturna y escasa diurna.

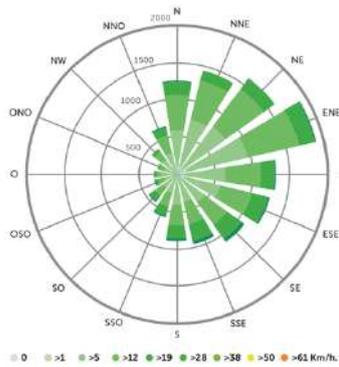


Figura 66

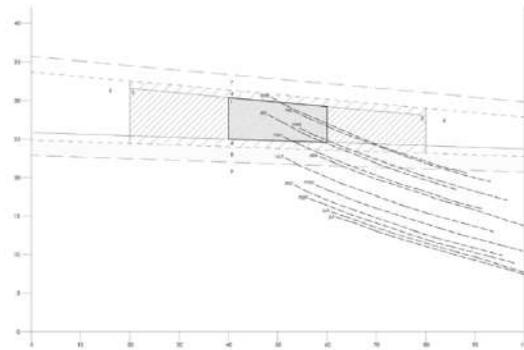


Figura 67

La vivienda fue utilizada como caso de estudio para analizar su comportamiento térmico por John Martin Evans, recogiendo estos datos en su tesis doctoral *“THE CONFORT TRIANGLES: A NEW TOOL FOR BIOCLIMATIC DESIGNS”* (2007) y esta ha sido la base para continuar el estudio en profundidad por parte de Ignacio Ruíz Requena en su tesis doctoral titulada: *“ARQUITECTURA ADAPTADA AL CLIMA EN EL MOVIMIENTO MODERNO: Le Corbusier (1930-1960. 2011)*. Se utilizarán datos de ambos trabajos a continuación para comprender el comportamiento térmico de la casa Curutchet.

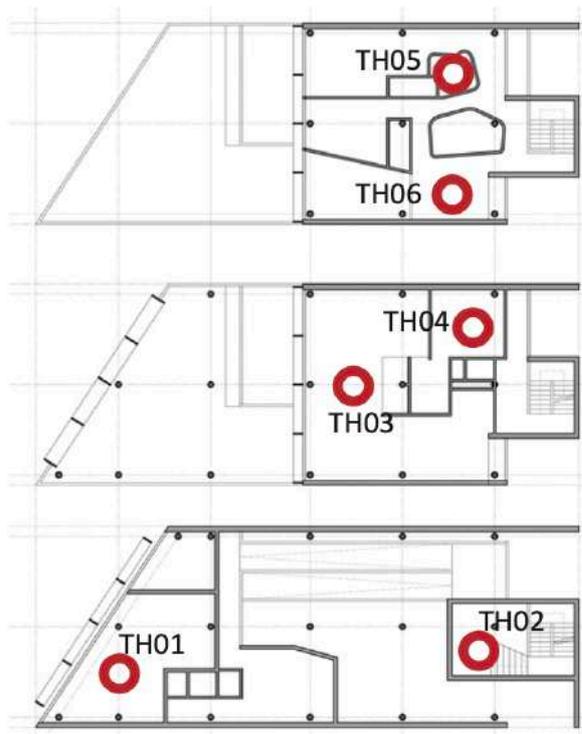


Figura 68

Para la monitorización de la vivienda, Evans coloca cinco sistemas de monitorización (dataloggers modelo Hobbo and Tiny-Talk y termómetros húmedos con lecturas cada treinta minutos) reflejados en la figura 68, distribuidos en la consulta, el hall de acceso a la vivienda, el salón, la cocina y las dos habitaciones en dos oportunidades, en invierno (22/08/2003 a 12/09/2003) y en verano ( 12/12/2003 a 29/12/2003). Dando como resultado los siguientes datos:

Día promedio de invierno:

Tº C: 11,6
TM ºC: 15,9
Tm ºC: 8,0
Hr: 77,3

Día promedio de verano:

Tº C: 24,0
TM ºC: 29,7
Tm ºC: 19,4
Hr: 66,3

Estas mediciones fueron realizadas mientras la vivienda estaba siendo restaurada, por lo que no existen ganancias térmicas ocasionadas por el uso de la vivienda ni por el uso de calefacción, solo pequeños visitantes de la obra de manera ocasional, según relata el autor del proyecto.

Según la apreciación de Ruíz Requena harían falta los datos de humedades relativas por zonas y globales para analizar el correcto confort térmico, aunque no hubieran sido del todo acertadas por encontrarse sin uso la vivienda.

También enfatiza en describir los resultados de Evans separándolos entre vivienda y consulta, por poseer características totalmente diferentes y resultados igualmente dispares. Resumiendo algunos datos del autor:

### **Invierno: sin aportes calóricos, solo la radiación solar**

Vivienda:

temperatura mínima a las 9:30

temperatura máxima a las 17:30

VPM – 2,62 (fresco)

Cocina y comedor 0,9ºC menos que los dormitorios a causa de la estratificación térmica del espacio a doble altura.

Consulta:

temperatura mínima a las 9:00

temperatura máxima a las 17:00

VPM – 1,88 (ligeramente fresco)

Gran sensibilidad del espacio ante cambios exteriores.

**Verano: sin ventilación ni refrigeración**

	T °C	TM °C	Tm °C
Consulta	24,2	26,8	23,6
Vivienda P1	23,1	23,7	22,6
Vivienda P2	24,1	24,6	23,8

Las conclusiones de Evans nos revelan problemáticas mas graves en la estación invernal, siendo la alta transmitancia de la envolvente y especialmente los lucernarios de las cubiertas ( posible mayor causa de pérdida de calor) y unos niveles de infiltración muy altos a causa de la deficiente estanqueidad de las carpinterías.

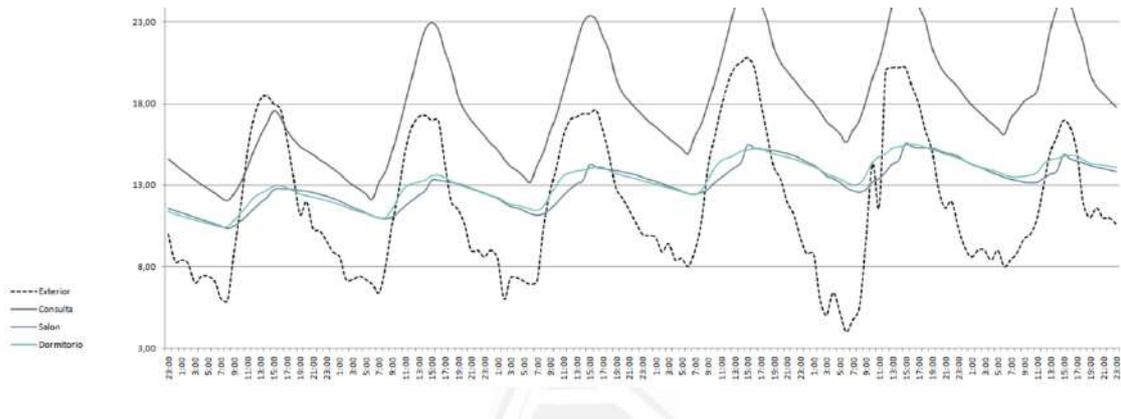


Figura 69

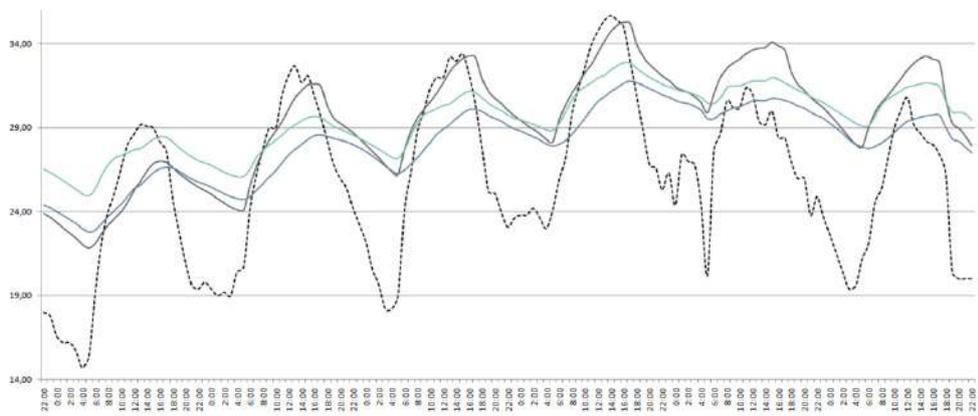


Figura 70

## VENTILACIÓN

Teniendo como base las investigaciones realizadas por Ruíz Requena (2011), donde utiliza un modelo simulado para analizar el comportamiento de la ventilación de la vivienda y la relación de esta con las variaciones de temperatura, resumiremos algunos conceptos clave de este apartado. Debemos tener en cuenta que en los años en que se proyectó la vivienda no se contaba con sistemas de extracción de aire en los baños, por eso se colocaron los lucernarios que además de dar luz cenital tienen la función de ventilar estos cuartos. Solo podrían tenerse en cuenta, aunque no se ha hecho así, los conductos de extracción de la cocina y de la chimenea del salón.

El autor plantea dos situaciones diferentes:

### ***Comportamiento con ventanas abiertas:***

#### **Consulta:**

circulación de aire entre la ventana y la puerta de acceso hacia el patio interior, creando dos zonas de ventilación. Siendo la velocidad de entrada (según zona más probable por rosa de los vientos: 8 km/h NO) posee un máximo de 1,82 m/s. La salida alcanza 0,91 m/s y las zonas intermedias poseen una velocidad media de 0,25 m/s, ayudando a disminuir los efectos del aumento térmico.

#### **Vivienda:**

Al abrir una ventana del paño NO del salón y otra de orientación SE de la planta superior se consigue una ventilación cruzada capaz de movilizar todo el volumen de aire de los espacios abiertos. Esta corriente dependerá de la  $T^a$  y velocidad del aire exterior, pero de media alcanza velocidades entre 0,95 y 1,45 m/s. El resto de los ambientes tienen una media de 0,2 m/s.

### **Comportamiento con ventanas cerradas:**

Consulta:

Movimiento del aire en forma de corriente convectiva a causa del gran ventanal norte. Existe un incremento de temperatura a causa de este cerramiento sobre el suelo y por el aire, la velocidad máxima es baja con un valor de 0,12 m/s

Vivienda:

La transmisión de calor es invertida, una franja de 50 cm. detrás del vidrio NO se eleva hasta el techo, desplazándose en horizontal y descendiendo un metro por detrás de las ventanas. Esto genera que la mayor parte de aire caiga hacia el suelo, cerrando la corriente convectiva ( 0,11 m/s) y el aire restante desciende a partir de 2,80 metros desde las carpinterías, pasando por el antepecho del dormitorio superior y provocando un bucle de aire frío en esa zona ( 0,21 m/s cara SE)

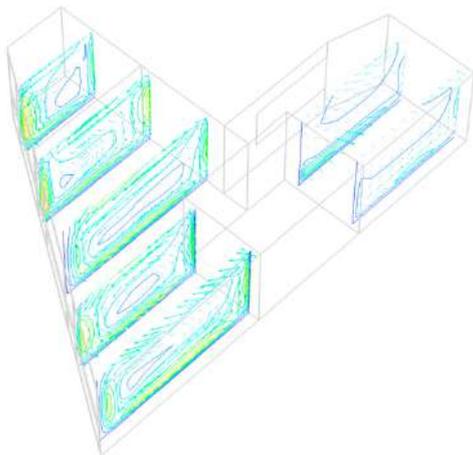


Figura 71

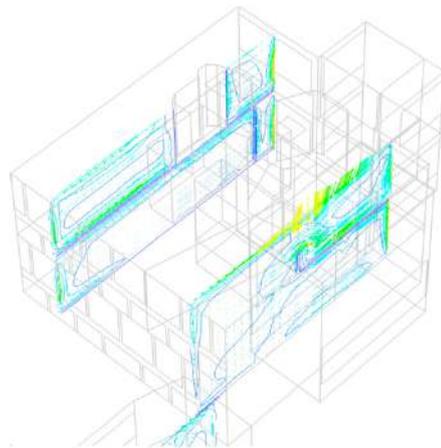
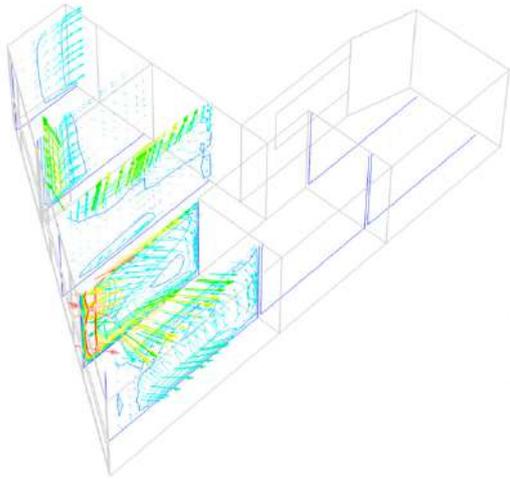
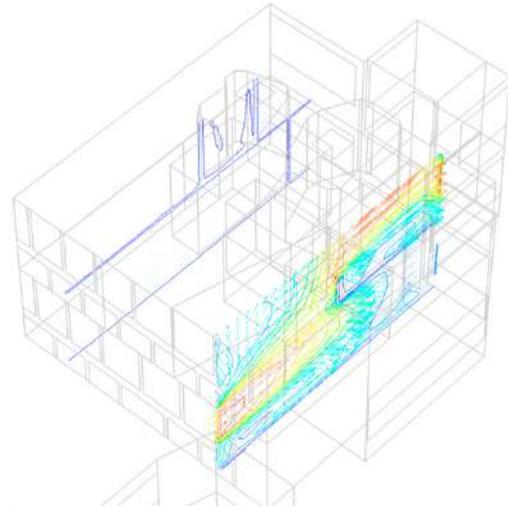


Figura 72



*Figura 73*



*Figura 74*

## COMPORTAMIENTO SOLAR

En la Casa Curutchet Le Corbusier emplea varias formas de abordar el comportamiento solar. En primer lugar crea grandes superficies acristaladas en las orientaciones mas favorables para el hemisferio Sur, Noreste y Norte para generar las ganancias necesarias, según el, en invierno e incorpora en estos grandes paños el brisei-solei para disminuir el impacto de la radiación solar en el periodo de verano. A pesar de tener dos orientaciones diferentes el gran ventanal de la consulta medica y el de la vivienda son resueltos de manera muy similar. Por otra parte añade un árbol de hoja caduca en el gran patio central que separa el área profesional de la residencial, siendo este objeto del proyecto para generar disminuir la radiación en verano y aumentarla en invierno al ser estrictamente una variedad de hoja caduca dispuesta por el mismo.

Con todo esto, debiendo recordar que nos situamos en los años cuarenta del siglo pasado, el arquitecto supo utilizar ,en un principio, elementos para tratar las ganancias térmicas solares a su conveniencia.

En este apartado analizaremos los elementos como los brise-solei, los paños vidriados, la colocación del árbol y de la cubierta de la terraza a doble altura para ver este comportamiento analizando los efectos en invierno y verano en lo que refiere a ganancias térmicas y brevemente a luminosidad de la vivienda. Para todo esto nos basaremos en trabajos ya realizados donde se analizan estas cuestiones, siendo el de referencia para esta síntesis el siguiente: OROZCO MUÑOZ, Sebastián. (2015). “Casa Curutchet, Análisis bioclimático”. Escuela arquitectura y urbanismo, Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

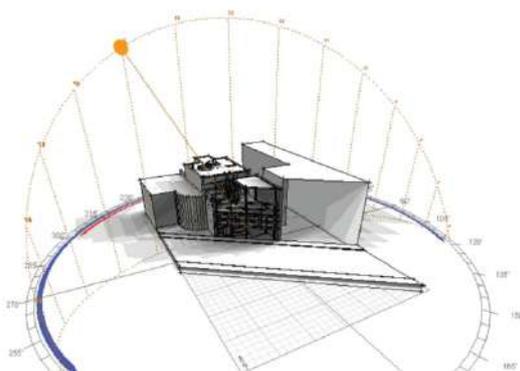


Figura 75

El recorrido solar en esta ubicación se caracteriza por ángulos incidentes con origen direccional predominante de componente Norte. La altura solar mínima es de  $34,6^\circ$  (21 de Junio) y la máxima es de  $81,5^\circ$  (21 de Diciembre) .

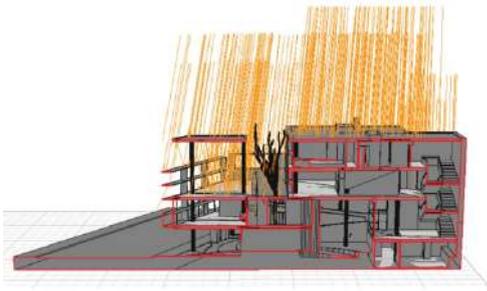


Figura 76

La incidencia de rayos solares en el interior de la vivienda en época invernal de Mayo a Agosto resulta muy deficiente, salvo en algunas horas de la tarde, cuando se trata de aprovechar esta radiación en las horas donde mas aportación térmica podrían generar a la vivienda, con la finalidad de reducir su aporte en sistemas de calefacción. En general la incidencia de radiación solar en el conjunto de los espacios habitables (interiores) es baja y solo destaca la zona destinada a la terraza accesible que es de carácter abierto.

Orozco resume en unas gráficas de irradiación solar sobre superficies acristaladas el comportamiento que estas tienen, sin tener en cuenta el árbol pero si el brisei-solei. Hay que destacar que este elemento es de hormigón y podría servir para albelgar el calor por radiación solar en invierno durante el día y según avance el día transmitir este a la vivienda, pero esto no resulta así puesto que esta estructura es independiente y solo se conecta con la estructura de la vivienda en pequeños puntos mediante ménsulas.

#### Promedio Horario / 21 Diciembre

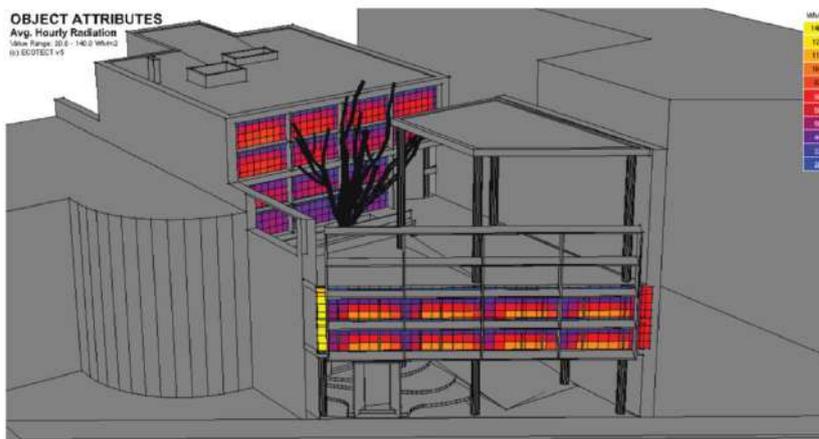


Figura 77

La irradiación horaria promedio presenta unos valores aceptables en el solsticio de verano, con valores comprendidos entre 40 y 120 Wh/m<sup>2</sup>.

Se puede observar como la fachada del consultorio posee las ganancias mas elevadas, junto con la última planta de la vivienda. Si se tuviera en cuenta la aportación de el árbol que se encuentra frente a este paño acristalado estos valores descenderían considerablemente.

### Promedio Horario / 21 Junio



El comportamiento en el solsticio de invierno resulta muy inferior al de verano. Llegando escasamente a valores máximos de  $50 \text{ Wh/m}^2$ . Si lo comparamos con

Figura 77

el anterior la situación debería incrementar, ya que la utilización del brisei-solei se supone que frena el paso de los rayos solares en verano pero los deja pasar en invierno. Por tanto empezamos a cuestionarnos el diseño con carácter de ahorro energético de este elemento.

### Promedio Horario / 21 Marzo



En el equinoccio de otoño los valores siguen siendo bajos, los promedios son de  $50 \text{ Wh/m}^2$  con picos de  $150 \text{ Wh/m}^2$

Figura 78

### Promedio Horario / 21 Septiembre

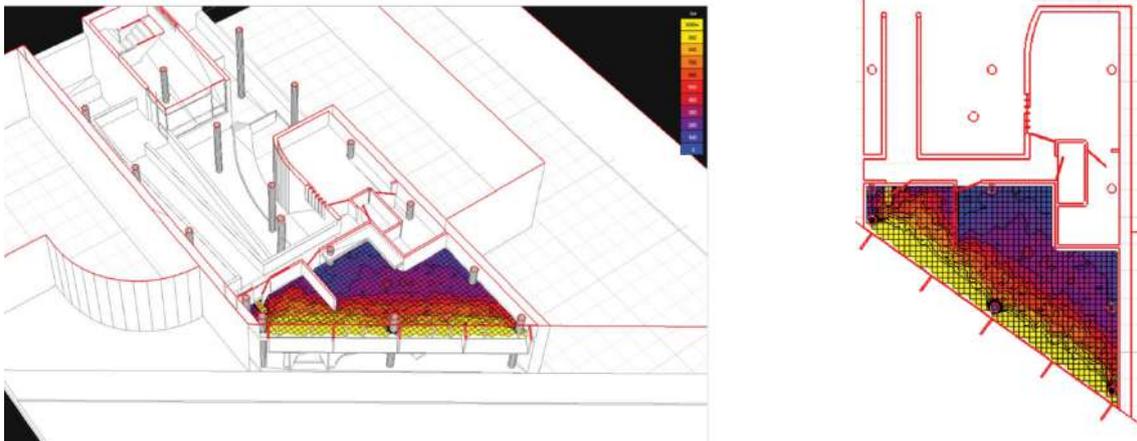


Durante el equinoccio de primavera los valores vuelven a bajar ligeramente, con promedios de  $50 \text{ Wh/m}^2$  y picos de  $70 \text{ Wh/m}^2$

Figura 79

Otro factor para analizar es la iluminancia media que se consigue en el interior de la vivienda, siendo un factor importante y relacionado intrínsecamente con el ahorro energético, puesto que si necesitamos menos iluminación artificial gastaremos menos electricidad, aunque este aspecto no nos afectara al momento de realizar las certificaciones energéticas.

### Área de Consulta / Volumen frontal:

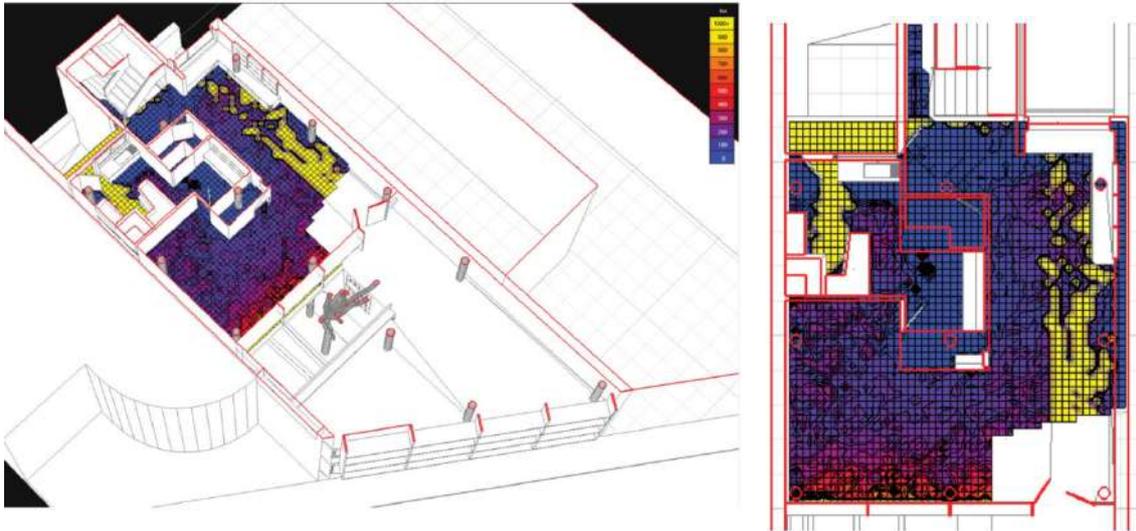


Figuras 80/81

En este primer nivel, dedicado a la consulta del Dr. Curutchet, observamos una deficiente uniformidad lumínica, que genera un posible riesgo de deslumbramiento en la zona cercana a la ventana norte. Junto a la ventana obtenemos valores cercanos a los 1100 luxes, mientras que en el lado contrario cae hasta los 100 luxes. Este problema se acentúa en las tardes de verano, y si recordamos, era una de las quejas del cliente al

arquitecto. Quizás un error haya sido no colocar el sistema de persianas que en un principio había sido proyectado.

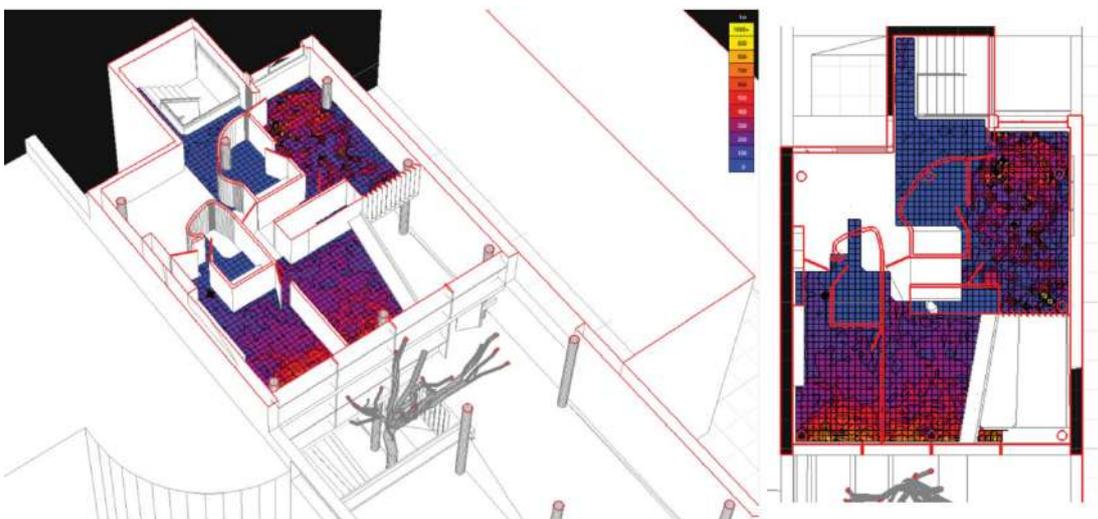
Segundo Nivel: Vivienda / Volumen posterior



Figuras 80/81

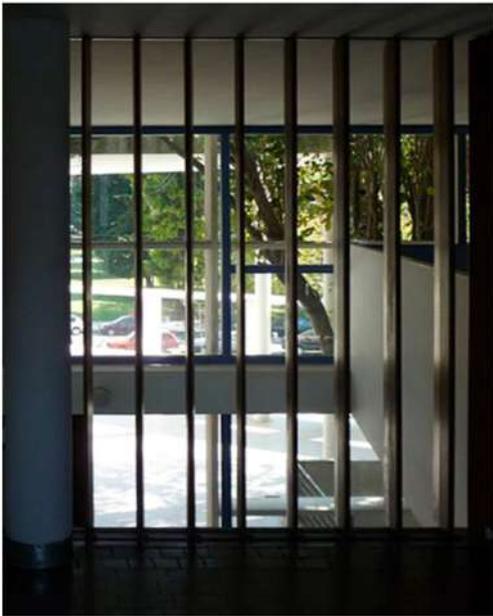
En este nivel donde encontramos en salón y la zona de cocina como elementos principales observamos que durante el 85% del año los niveles de iluminancia solamente alcanzan el valor pico de 200 luxes, lo cual describe esta zona como obligada al uso de fuentes de iluminación artificial.

Tercer Nivel: Vivienda / Volumen posterior



Figuras 82/83

En el último nivel, donde encontramos las habitaciones y la sala de estudio observamos un comportamiento ligeramente mejor que en el nivel inferior. Su distribución es más equitativa según nos adentramos, presentando valores cercanos a los 300 luxes (más propios de un uso residencial). Se debe matizar el estudio de esta planta, pues aquí no se tienen en cuenta los dos lucernarios de los baños que aportan luz, si bien es verdad que al tener doble vidrio y no ser traslucidos aportarían muy poco significado.



*Figuras 84/85*



*Figura 86*

## INSTALACIONES

En este apartado no se dispone de mucha documentación que sea objeto de análisis, este resumen se ha basado en la consulta de fotografías de distintas épocas y de escritos como la correspondencia de Le Corbusier con el Dr. Curutchet y con Amancio Williams, así como entrevistas publicadas con los distintos encargados de las diferentes áreas de la obra y también los escritos publicados por Daniel Merro Johnston, quien exprime la investigación dando como resultado una tesis doctoral y un libro mencionados anteriormente.

### Instalaciones sanitarias – evacuación – calefacción :

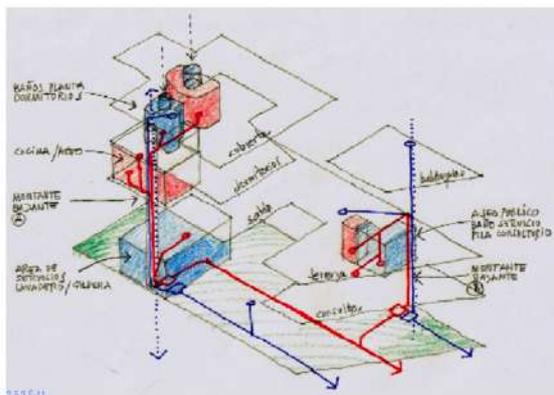


Figura 87

El siguiente esquema realizado por Merro nos simplifica el diseño de la instalación de agua caliente y fría y también la evacuación de aguas sucias. Como se puede observar existen dos zonas destinadas a las bajantes de los dos sistemas. Unificando una de ellas para el volumen de la consulta y las terrazas y la otra para la totalidad de la vivienda.

La producción de agua caliente, según los escritos de Le Corbusier, era generada por una caldera que se situaba en la zona de semisótano, junto a la lavandería. Allí se ubicaba una caldera de gasoil y un depósito del que no se especifica volumen pero si que poseía un sistema para ser llenado sin acceder a la vivienda, para este fin tenía un registro a la entrada y por una tubería podía ser llenado este deposito. Esta caldera abastecía, como se ha dicho, a los locales húmedos de agua caliente sanitaria pero además servía a un sistema de calefacción por radiadores de fundición colocados en la totalidad de la vivienda, incluyendo los baños. Actualmente esta caldera no esta mas en la vivienda, y se puede observar que se ha instalado gas natural, existiendo en la cocina un calentador alimentado por este medio pero que solo produce ACS, no calefacción.

Le Corbusier también detalla que en los meses donde la caldera no era utilizada, la estufa de leña ubicada en el salón sería única encargada de aclimatar la vivienda, colocándola en ese espacio por estar debajo de las habitaciones y junto al espacio de doble altura.



*Figuras 88/89*



*Figuras 90/91*



*Figuras 91/92*

## CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS DEL PROYECTO

Para la realización de este apartado se han utilizado el siguiente programa informáticos de certificación energética:

- CE3X v2.3

Para poder realizar este apartado, que resulta de gran importancia en este trabajo pues son los datos con los que después de hacer el análisis nos encontramos y vemos en que punto estamos, se ha optado por elegir un emplazamiento en España con características lo mas similares posibles a la ubicación real de la Casa Curutchet, con el fin de poder cargar los datos y realizar los certificados y también para comparar los datos que actualmente tenemos con los valores que el Código Técnico de la Edificación nos limita como tope y así poder en un primer momento llegar a cumplir todos los valores del C.T.E. y , en caso de que fuera posible, llegar a valores mas restrictivos y favorables, intentando alcanzar certificaciones mayores.

Como primera alternativa se ha recurrido a la comparación de datos referidos a: temperatura promedio anual, precipitaciones anuales, altitud con respecto al mar, latitud, entre otros. Existiendo así una relación bastante cercana entre la ciudad de La Plata ( Buenos Aires, Argentina) y la ciudad de Cádiz ( Andalucía, España).

	La Plata	Cádiz ( Rota )
Altura sobre el nivel del mar (m)	25	22
Tipología de clima	Suave y cálido	Templado y cálido
Tª media anual	16,3°C	17,8°C
Tª media mes más cálido	23,1°C	24,5°C
Tª media mes más frío	10,2°C	11,7°C
Precipitaciones anuales	946 mm	556 mm
Latitud	34º55'17.22''	36º37'31,62" N

*Datos obtenidos de [www.climate-data.org](http://www.climate-data.org)*

Siguiendo estos criterios y observando diferencias relativas al nivel de precipitaciones sobre todo, teniendo en cuenta que La Plata posee una pluviometría más distribuida a lo largo del año que Cádiz, pero teniendo en cuenta el acercamiento del resto de datos se erigirá este emplazamiento para la realización del estudio de la Casa Curutchet.

Provincia	Estación		Indicativo				
Cádiz	Rota (Base Naval)		5910				
UBICACIÓN: AEROPUERTO			Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO				
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
21	36°38'20"	06°19'54"W	87.600 (1998-2007)	(4) 14.600 (1998-2007)			
CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)							
TSMIN (°C)	TS <sub>0,6</sub> (°C)	TS <sub>0,4</sub> (°C)	OMDC (°C)	HUMcoln (%)	OMA (°C)		
-4,7	2,8	4,2	13,2	83	32,0		
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)							
TSMAX (°C)	TS <sub>0,6</sub> (°C)	THC <sub>0,4</sub> (°C)	TS <sub>1</sub> (°C)	THC <sub>1</sub> (°C)	TS <sub>2</sub> (°C)	THC <sub>2</sub> (°C)	OMDR (°C)
42,2	34,8	23,3	33,0	22,9	31,2	22,5	15,6
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)							
TH <sub>0,4</sub> (°C)	TSC <sub>0,4</sub> (°C)	TH <sub>1</sub> (°C)	TSC <sub>1</sub> (°C)	TH <sub>2</sub> (°C)	TSC <sub>2</sub> (°C)		
24,8	31,6	24,2	31,0	23,5	30,2		
VALORES MEDIOS MENSUALES							
Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD <sub>15</sub> (°C)	GD <sub>20</sub>	GDR <sub>20</sub>	RADH (kWh/m <sup>2</sup> día)	TTERR (°C)
Enero	10,9	12,8	134	282	0		
Febrero	12,3	14,1	91	219	0		
Marzo	14,9	16,6	48	165	5		
Abril	16,4	18,0	23	118	11		
Mayo	19,4	21,0	6	61	43		
Junio	23,3	25,0	0	10	108		
Julio	24,6	26,3	0	4	148		
Agosto	25,0	26,7	0	3	157		
Septiembre	22,8	24,7	0	11	95		
Octubre	19,6	21,5	6	49	36		
Noviembre	14,8	16,7	53	161	4		
Diciembre	12,0	13,7	105	247	0		

Figura 93

Zona climática CTE: A3

Debemos tener en cuenta que si nos hubiéramos centrado en comparar el clima de La Plata con los que tenemos en España utilizando como elemento comparador la clasificación climática de Köppen-Geiger el resultado hubiese sido otro, puesto que esta metodología sitúa a la ciudad de La Plata en el tipo de clima denominado con las siglas Cfa (Clima templado sin estación seca con verano caluroso). Este sistema define la primer letra ( en este caso la f) en función de si el clima posee lluvias a lo largo de todo el año o ,si por el contrario se detienen en verano haciéndolo seco (letra s ). Mientras que la siguiente letra ( a - b ) se identifica con la temperatura del mes mas cálido, cambiando de una a otra si se sobrepasan los 22°C.

Es decir que se confirma lo anteriormente mencionado, la diferencia principal se centra en el reparto de las precipitaciones a lo largo del año, y por lo tanto en conceptos como humedad relativa del aire.

Si buscamos la tipología Cfa (La Plata) en el territorio nacional nos situaremos en el Valle del Ebro, por ejemplo en la ciudad de Girona. Siendo esta zona la única del territorio que se identifica con esta clasificación.

Si tenemos en cuenta la evolución de la climatología española según datos obtenidos de la *"Guía resumida del clima de España, elaborado por AEMET"* donde son comparados valores de tres periodos de referencia distintos (1961 a 1990) - (1971 a 1971) y (1981 a 2019), consultados en el análisis *"Clasificación de Köppen en territorio español. Caracterización y cambios recientes"* (<http://www.meteoillesbalears.com/?p=272>) podemos observar como la tipología de clima Cfa presenta un cambio, citando textualmente este análisis:

*...(" Incremento sustancial de la superficie caracterizada por un clima Bsk en el Valle del Ebro, a costa de una disminución importante del Cfa. Es decir, en una área cada vez mayor de la cuenca aragonesa del río Ebro la precipitación total anual queda por debajo de la evapotranspiración potencial. Este cambio puede deberse a dos motivos fundamentales, disminución de la precipitación o incremento en la temperatura (que lleva aparejado un incremento en la evapotranspiración potencial.)..."*

Basándonos en estos criterios podemos decir que la opción de emplazamiento seleccionada y mencionada anteriormente parece acertada. De todos modos se incluye en el Anexo I los datos obtenidos si se hubiese elegido este emplazamiento con diferente clasificación según el CTE, más restrictiva y por lo tanto con resultados mucho peores seguramente.

(Consultar página nº 111 de este trabajo, Anexo I)

Se han planteado dos puntos de partida para la realización de los certificados para valorar la calificación actual de la Casa Curutchet, en el primero se han tenido en cuenta las medianeras que actúan como fachadas (denominadas anteriormente en las tablas como m\*) ya que al no existir viviendas colindantes ni haberlas existido anteriormente su comportamiento es lo bastante diferente como para alterar significativamente los valores de pérdidas y ganancias del total de la envolvente. Mientras que en el segundo escenario estas fachadas han sido tratadas como medianeras, sumando sus valores de superficies a las medianeras utilizadas en la anterior hipótesis.

Como se ha dicho antes la ubicación española homologa para realizar estas certificaciones es Cádiz, Andalucía, cuya zona climática es la A3. Para los valores de transmitancias volcados en el programa se han utilizado los denominados como “conocidos” para los paramentos verticales, realizando en cálculo en el mismo programa, y viendo que variaban ligeramente con los calculados en el análisis anterior. Mientras que para los valores de suelo se utilizaron “estimados” por ser la variación excesiva.

En relación a valores de transmitancias de ventanas y puertas se han modificado los de las tablas por los que arroja el programa como “estimados”, puesto que se acercaban en gran medida y además estos nuevos valores tienen en cuenta el color de la carpintería (que en las tablas anteriores no había sido considerado). Se ha tenido en cuenta la baja hermeticidad de las carpinterías.

Por último, en el apartado de calefacción y ACS se ha colocado por defecto una caldera estándar de 24 kW suministrada por gasóleo (fuente real en la época en que la vivienda fue calefactada).

Con todo lo ya mencionado se obtienen los siguientes certificados energéticos:

CASO A: *diferenciando medianeras*

### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

#### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

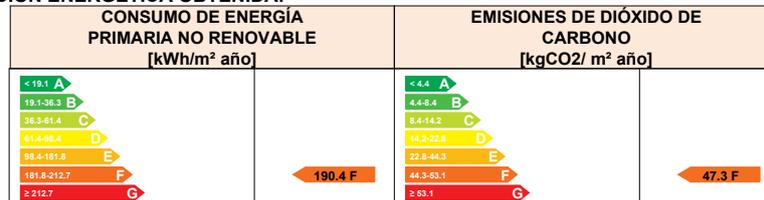
Nombre del edificio	CASA CURUTCHET		
Dirección	AVENIDA 53 320, LA PLATA, BUENOS AIRES, ARGENTINA (original)		
Municipio	Cádiz	Código Postal	xxxxx
Provincia	Cádiz	Comunidad Autónoma	Andalucía
Zona climática	A3	Año construcción	1954
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:	
<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Unifamiliar</li> <li><input type="radio"/> Bloque                         <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Bloque completo</li> <li><input type="radio"/> Vivienda individual</li> </ul> </li> </ul>	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Edificio completo</li> <li><input type="radio"/> Local</li> </ul>

#### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	JUAN MANUEL LÓPEZ AMOR	NIF(NIE)	XXXXXXXX
Razón social	XXXXXXXX	NIF	XXXXXXXX
Domicilio	XXXXXXXX		
Municipio	Valladolid	Código Postal	47001
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	XXXXXXXX	Teléfono	XXXXXXXX
Titulación habilitante según normativa vigente	ARQUITECTO		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

#### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 28/08/2020

Firma del técnico certificador

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
- Anexo II.** Calificación energética del edificio.
- Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
- Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

## ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

### 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

<b>Superficie habitable [m<sup>2</sup>]</b>	271.47
<b>Imagen del edificio</b>	<b>Plano de situación</b>
	

### 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Modo de obtención
Fachada S	Fachada	4.57	2.00	Conocidas
Fachada NO	Fachada	94.86	2.00	Conocidas
MEDIANERA NO	Fachada	21.55	0.00	
Fachada NE	Fachada	65.37	2.89	Conocidas
Fachada SO	Fachada	27.83	2.00	Conocidas
Fachada SE	Fachada	41.02	2.89	Conocidas
MEDIANERA SE	Fachada	43.94	0.00	
CUBIERTA-TERRAZA	Cubierta	50.0	2.36	Conocidas
CUBIERTA NO TRANSITABLE	Cubierta	88.58	2.36	Conocidas
SUELO CONSULTA / GARAGE	Partición Interior	18.0	2.17	Por defecto
SUELO HALL VIVIENDA	Partición Interior	19.2	2.17	Por defecto
SUELO CONSULTA	Suelo	27.5	2.50	Por defecto
SUELO P1 VIVIENDA	Suelo	69.0	2.50	Por defecto

#### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
L1	Lucernario	0.96	5.70	0.62	Estimado	Estimado
L2	Lucernario	0.46	5.70	0.61	Estimado	Estimado
V1	Hueco	22.83	5.00	0.66	Estimado	Estimado
V2-P1	Hueco	5.40	3.78	0.38	Estimado	Estimado

Fecha 02/09/2020  
Ref. Catastral xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Página 2 de 7

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V3	Hueco	3.89	4.12	0.46	Estimado	Estimado
P2	Hueco	1.83	2.20	0.03	Estimado	Estimado
P3	Hueco	1.83	2.20	0.07	Estimado	Estimado
P4	Hueco	1.83	2.20	0.03	Estimado	Estimado
P6	Hueco	2.26	2.20	0.03	Estimado	Estimado
V4	Hueco	12.89	5.25	0.72	Estimado	Estimado
V5-P5	Hueco	8.11	4.02	0.44	Estimado	Estimado
V6	Hueco	1.35	4.58	0.57	Estimado	Estimado
V7	Hueco	1.45	4.37	0.52	Estimado	Estimado
V8	Hueco	5.02	4.79	0.61	Estimado	Estimado
V9-P7	Hueco	5.88	3.67	0.36	Estimado	Estimado
V10*	Hueco	19.10	4.96	0.65	Estimado	Estimado
V11	Hueco	7.28	4.93	0.65	Estimado	Estimado

### 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

#### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gasóleo-C	Estimado
<b>TOTALES</b>	Calefacción				

#### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
<b>TOTALES</b>	Refrigeración				

#### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	140.0
--	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gasóleo-C	Estimado
<b>TOTALES</b>	ACS				

## ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	A3	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
	Emisiones calefacción [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	G	Emisiones ACS [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	E
	37.26		4.83	
Emisiones globales [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
	Emisiones refrigeración [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	D	Emisiones iluminación [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	-
	5.22		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	5.22	1416.43
Emisiones CO <sub>2</sub> por otros combustibles	42.09	11426.27

### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
	Energía primaria calefacción [kWh/m <sup>2</sup> año]	F	Energía primaria ACS [kWh/m <sup>2</sup> año]	E
	141.26		18.30	
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m <sup>2</sup> año]	<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
	Energía primaria refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> año]	E	Energía primaria iluminación [kWh/m <sup>2</sup> año]	-
	30.80		-	

### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
<b>74.0 F</b>	<b>31.5 E</b>
Demanda de calefacción [kWh/m <sup>2</sup> año]	Demanda de refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> año]

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

Fecha 02/09/2020  
Ref. Catastral xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

CASO B:

sin diferenciar medianeras

### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

#### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	CASA CURUTCHET		
Dirección	AVENIDA 53 320, LA PLATA, BUENOS AIRES, ARGENTINA (original)		
Municipio	Cádiz	Código Postal	xxxxx
Provincia	Cádiz	Comunidad Autónoma	Andalucía
Zona climática	A3	Año construcción	1954
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx		

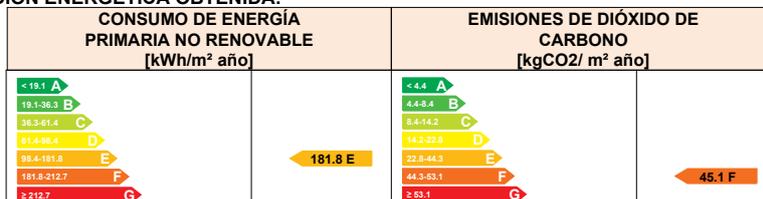
#### Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Unifamiliar</li> <li><input type="radio"/> Bloque                         <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Bloque completo</li> <li><input type="radio"/> Vivienda individual</li> </ul> </li> </ul>	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Edificio completo</li> <li><input type="radio"/> Local</li> </ul>

#### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	JUAN MANUEL LÓPEZ AMOR	NIF(NIE)	XXXXXXXX
Razón social	XXXXXXXX	NIF	XXXXXXXX
Domicilio	XXXXXXXX		
Municipio	Valladolid	Código Postal	47001
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	XXXXXXXX	Teléfono	XXXXXXXX
Titulación habilitante según normativa vigente	ARQUITECTO		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

#### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 28/08/2020

Firma del técnico certificador

**Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.

**Anexo II.** Calificación energética del edificio.

**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

Fecha  
Ref. Catastral

02/09/2020  
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Página 1 de 7

## ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

### 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

<b>Superficie habitable [m<sup>2</sup>]</b>	271.47
<b>Imagen del edificio</b>	<b>Plano de situación</b>
	

### 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Modo de obtención
Fachada S	Fachada	4.57	2.00	Conocidas
Fachada NO	Fachada	40.01	2.00	Conocidas
MEDIANERA NO	Fachada	76.4	0.00	
Fachada NE	Fachada	65.37	2.89	Conocidas
Fachada SO	Fachada	27.83	2.00	Conocidas
Fachada SE	Fachada	36.76	2.89	Conocidas
MEDIANERA SE	Fachada	48.2	0.00	
CUBIERTA-TERRAZA	Cubierta	50.0	2.36	Conocidas
CUBIERTA NO TRANSITABLE	Cubierta	88.58	2.36	Conocidas
SUELO CONSULTA / GARAGE	Partición Interior	18.0	2.17	Por defecto
SUELO HALL VIVIENDA	Partición Interior	19.2	2.17	Por defecto
SUELO CONSULTA	Suelo	27.5	2.50	Por defecto
SUELO P1 VIVIENDA	Suelo	69.0	2.50	Por defecto

#### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
L1	Lucernario	0.96	5.70	0.62	Estimado	Estimado
L2	Lucernario	0.46	5.70	0.61	Estimado	Estimado
V1	Hueco	22.83	5.00	0.66	Estimado	Estimado
V2-P1	Hueco	5.40	3.78	0.38	Estimado	Estimado

Fecha 02/09/2020  
Ref. Catastral xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Página 2 de 7

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V3	Hueco	3.89	4.12	0.46	Estimado	Estimado
P2	Hueco	1.83	2.20	0.03	Estimado	Estimado
P3	Hueco	1.83	2.20	0.07	Estimado	Estimado
P4	Hueco	1.83	2.20	0.03	Estimado	Estimado
P6	Hueco	2.26	2.20	0.03	Estimado	Estimado
V4	Hueco	12.89	5.25	0.72	Estimado	Estimado
V5-P5	Hueco	8.11	4.02	0.44	Estimado	Estimado
V6	Hueco	1.35	4.58	0.57	Estimado	Estimado
V7	Hueco	1.45	4.37	0.52	Estimado	Estimado
V8	Hueco	5.02	4.79	0.61	Estimado	Estimado
V9-P7	Hueco	5.88	3.67	0.36	Estimado	Estimado
V10*	Hueco	19.10	4.96	0.65	Estimado	Estimado
V11	Hueco	7.28	4.93	0.65	Estimado	Estimado

### 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

#### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gasóleo-C	Estimado
<b>TOTALES</b>	Calefacción				

#### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
<b>TOTALES</b>	Refrigeración				

#### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	140.0
--	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gasóleo-C	Estimado
<b>TOTALES</b>	ACS				

## ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	A3	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
	Emisiones calefacción [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	F	Emisiones ACS [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	E
	35.11		4.83	
	<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
Emisiones globales [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	Emisiones refrigeración [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	D	Emisiones iluminación [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	-
	5.14		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	5.14	1394.85
Emisiones CO <sub>2</sub> por otros combustibles	39.94	10842.98

### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
	Energía primaria calefacción [kWh/m <sup>2</sup> año]	F	Energía primaria ACS [kWh/m <sup>2</sup> año]	E
	133.12		18.30	
	<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m <sup>2</sup> año]	Energía primaria refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> año]	E	Energía primaria iluminación [kWh/m <sup>2</sup> año]	-
	30.33		-	

### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
Demanda de calefacción [kWh/m <sup>2</sup> año]	Demanda de refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> año]

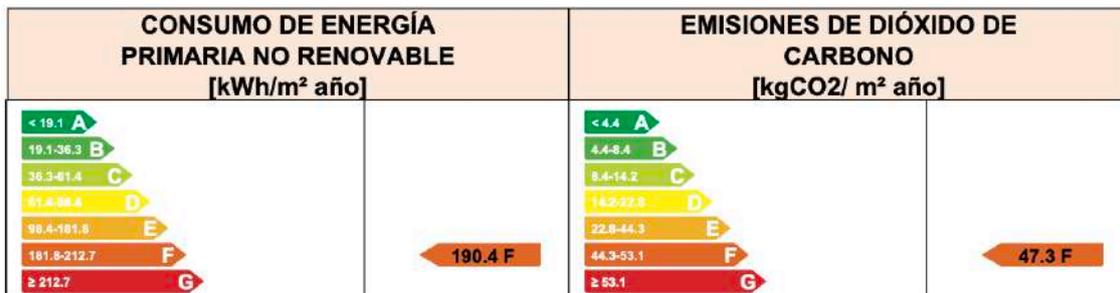
El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

Fecha 02/09/2020  
Ref. Catastral xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

## CONCLUSIONES PARCIALES

Como se observa en las certificaciones anteriores los valores obtenidos resultan bajos, no son los peores pero poseen unos resultados no aceptables para una vivienda actual que pretende aprovechar los recursos y ahorrar energía. Esto se debe en gran medida a la zona en la que se encuentra, A3 según el CTE, encontrándose en las de menor restricción por parte de esta normativa. Si hiciéramos el ejercicio de recalificar esta vivienda para una zona con otro tipo de climatología, por ejemplo la ciudad de Valladolid (Clima D2) obtendríamos resultados peores al existir mas diferencia entre las transmitancias de la vivienda y las máximas que permite la norma.

Si comparamos las etiquetas de las dos certificaciones:



### Caso A



### Caso B

Vemos una clara mejoría en la etiqueta de consumo de energía primaria no renovable, ya que se desciende de los 190.4 kWh/m<sup>2</sup> a los 181,8 kWh/m<sup>2</sup>. Esta diferencia esta relacionado con los cambios aplicados al *Caso B*, donde la totalidad de los muros Suroeste y Noreste (reales), es decir los Noreste y Sureste (adaptados al hemisferio Sur) son tratados como medianeras, donde se supone que tenemos espacios calefactados limitando con los de nuestra vivienda. Como hemos podido ver en el análisis previo esto

no ocurre de esta manera ya que las viviendas colindantes se encuentran sobretodo en la primera zona de la parcela, siendo la otra mitad los denominados pulmones verdes o de manzana en la normativa de construcción argentina (espacio interior de las manzanas donde no está permitido construir). Por lo tanto analizar dichos paramentos de este modo no resulta muy objetivo y menos realista, ya que las ganancias en verano y las pérdidas en invierno poseen un carácter importante. La bajada está fundamentada en estas condiciones, ya que al bajar teóricamente la superficie de envolvente en contacto con el aire y aumentar las medianeras, los valores de pérdida de calor por estos paramentos caen significativamente.

Esto es un claro ejemplo que con la misma vivienda y los mismos condicionantes de la envolvente se podrían obtener certificaciones sensiblemente diferentes, pero debemos reiterar que la vía realista, que es al fin de cuenta la que interesa, es la primera, donde se realiza un levantamiento fiel a la realidad y los resultados así lo reflejan.

Luego de realizar el análisis anterior y la certificación han aparecido una serie de conclusiones parciales que se deben mencionar en este punto del trabajo.

- Nos encontramos con superficies de huecos con un valor alto en comparación con los metros cuadrados de fachadas. Lo que es un factor negativo a la hora de las pérdidas térmicas por las carpinterías, a causa de la utilización de vidrios simples y ningún tipo de hermeticidad, provocando además infiltraciones altas.
- Estos grandes paños se encuentran “protegidos” del sol en un principio, pero se ha observado que los brisei-solei de Le Corbusier poseen un carácter más estético que de herramienta pasiva del control de la irradiación solar. Por lo tanto no se han utilizado para la certificación.
- Se ve una clara necesidad de instalar un sistema de control solar en la fachada Norte (consultorio médico).

- Podemos observar que todos los valores de transmitancias, tanto de fachadas, suelos, techos, ventanas, lucernarios, vidrios, etc. no llegan a cumplir los valores mínimos del CTE para la zona supuesta.
- Los peores valores los encontramos en los dos lucernarios de los baños, que deberán ser repensados con posterioridad ya que afectan en gran medida a la certificación.
- Por otra parte la demanda de calefacción y agua caliente, al ser resuelta con una caldera antigua abastecida por gasóleo ( sistema inicial de la vivienda, pues ahora mismo no cuenta con ningún sistema de calefacción) y con un rendimiento bastante escaso (supuesto) altera la calificación de manera negativa, aumentando sobre todo las emisiones de  $\text{kgCO}_2/\text{m}^2\text{año}$ .

## LOS NUEVOS CRITERIOS: EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO

Los edificios denominados ZEB (Zero Energy Buildings) o de consumo casi nulo traducido al idioma español son actualmente muy populares desde el año 2010, fecha en la cual el Parlamento Europeo en la Directiva 2010/31/EU (19 de Mayo de 2010) lo introdujo desarrollando esta norma relativa a la eficiencia energética de los edificios. En dicho documento legal podemos resumir los conceptos generales en conseguir edificaciones que consuman nada o muy poca energía para cubrir las necesidades de confort, y que el porcentaje que sea necesario para esta función sea obtenido en gran medida de fuentes renovables, teniendo en cuenta las posibles fuentes in situ (placas solares de ACS, placas fotovoltaicas, etc. ). Cuando esta normativa fue propuesta se dio a los países que conforman la comunidad europea un cierto tiempo para adaptar sus normativas propias a esta nuevo contexto, determinando los años tope para obra privada (2021) y edificios públicos (2019).

Al surgir este nuevo camino de la construcción encontramos dos maneras de enfocarlo, la europea con sus edificios de consumo energético casi nulo (nearlyZEB) y la norteamericana con los edificios de consumo energético neto nulo (netZEB). Estos últimos consideran un balance energético final de consumo de energía primaria que sea de valor cero entre consumo y producción. Mientras que la vertiente europea, como el caso de la certificación Passivhaus, buscan un consumo lo mas cercano a cero posible, sin imponerlo de manera estricta, sino limitando los consumos de energía primaria destinados al acondicionamiento térmico de las viviendas ( invierno y verano).

De esta manera los dos modos de enfocar esto nos generan dos resultados totalmente diferentes.

Poniendo como ejemplo un edificio que consuma una gran cantidad de energía para su acondicionamiento, con posibles causas como mal aislamiento de la envolvente, mal diseño etc. podría conseguir la certificación netZEB si consigue alcanzar o superar la cantidad de energía necesaria para ser abastecido con fuentes renovables. Por ejemplo colocando placas fotovoltaicas. De esta manera seguiría siendo un edificio que derrocha

energía, pero generándola el mismo mediante mecanismos pasivos. Esto sería imposible de desarrollar de esta manera y obtener el estándar Passivhaus.



*Figuras 94/95*

Actualmente el Código Técnico de la Edificación se ha actualizado para cumplir la directiva europea 2010/31/UE anteriormente mencionada, mediante el Real Decreto 732/2019 del 20 de Diciembre por el que se modifica el anterior Real Decreto 314/2006 de 17 de Marzo, aplicándose de manera obligatoria a obras nuevas y a las intervenciones en edificios existentes para los cuales se solicite licencia municipal de obras a partir del 28 de Junio del año 2020. En esta nueva publicación se modifican los siguientes documentos para adaptarlos a los criterios europeos actuales:

- Anejo I: Nuevo documento básico de *“Ahorro de Energía”* (HE)
- Anejo II: HS6 con una nueva disposición *“Protección frente a la exposición al radón”*
- DB-SI: modificación puntual sobre la sección 2 de *“Propagación exterior”*
- Actualización de todos los DB a excepción de los de *“Acciones en la edificación”* (SE-AE) y el de *“Acero”* (SE-A)
- Modificación de los documentos de apoyo: DA DB-SUA/3 y DA DB-HR/1
- Nuevo documento de apoyo: DA-DB-HR/2 *“Procedimiento de cálculo de transmisiones indirectas”*

## NUEVOS CONCEPTOS DE PARTIDA

Con la reciente aplicación del nuevo DB-HE ha cambiado la manera de diseñar, pensar, proyectar y ejecutar las obras acercándolas cada vez mas a los estándares de consumo de energía primaria casi nulo, pero atendiendo, como en el resto de Europa, por controlar los valores de aislamientos, infiltraciones, etc. , alejándose de esta manera de la manera estadounidense de enfrentarse a este nuevo reto. Los objetivos generales se centran en la reducción de gases de efecto invernadero, fomentar envolventes térmicas con medidas pasivas y aumentar la importancia de la utilización de energías procedentes de fuentes renovables en el sector de la construcción.

A continuación resumiremos estos nuevos aspectos a tener en cuenta, detallando solo los que afectan al comportamiento de la vivienda y su relación con la certificación energética:

- HEO: determina los consumos totales y de energía primaria no renovable. Con la clara intención de disminuir el consumo de energías fósiles y la consiguiente reducción de gases de efecto invernadero. Se dirige a edificios de nueva construcción y a intervenciones, definiendo parámetros a cumplir en cada situación de manera diferente.
- Coloca como indicador principal el Indicador de Consumo de energía primaria total ( sustituyendo el anterior de energía primaria no renovable como principal) , incluyendo ahora los consumos de ventilación. Determinando así la cantidad de energía necesaria para el funcionamiento de la edificación independientemente de su procedencia.
- Anejo C: exigencia de definición de la envolvente térmica en los proyectos.

- HE1: se elevan los valores de exigencia de transmitancias térmicas de la envolvente y se introduce la transmitancia térmica global. Aparece el indicador de control solar controlando las ganancias solares mediante sistemas de sombras. En definitiva se centra en los aspectos pasivos de diseño.
- HE2-HE3-HE4-HE5: cambios que relacionan las instalaciones térmicas, de iluminación interior con energías renovables. Así se estipula una contribución mínima de energía renovable para la producción de ACS y una generación mínima de energía eléctrica, ampliando los casos a los que afecta y aumentando las exigencias generales. En el caso de la energía eléctrica se reduce la superficie mínima obligatoria para su utilización y se aumenta la potencia mínima a instalar ( de 30 a 100 kW).

## ¿QUÉ SE BUSCA? / CERTIFICACIONES

Con estas nuevas maneras de encarar el diseño de los edificios se busca principalmente disminuir el impacto ambiental del sector de la construcción, un sector relacionado con muchos otros de manera obligatoria, por eso el impacto resulta altamente significativo. Para conseguir esto se deben cumplir una serie de requisitos establecidos según el organismo certificador. Los criterios se encuentran en un abanico muy amplio que varia de un organismo certificador a otro, de una región a otra. Algunos tienen en cuenta el emplazamiento de los proyectos, las técnicas y tecnologías relacionadas con la construcción, el tratamiento de elementos ya existentes, el reciclaje, el mantenimiento a través del paso del tiempo, incluso la posible futura demolición. Además de aspectos mas generales como consumo de energía, de agua, calidad, cantidad y tipo de materiales , tratamiento de residuos, etc.

Existen gran cantidad de organismos certificadores, a falta de un único organismo global que sería la opción mas realista y útil, destacando los dos mas importantes:

### LEED

*“Leadership in Energy & Environmental Design”*

Resulta el más utilizado en el mundo, con origen es Estados Unidos, utiliza una escala de cien puntos para clasificar y certificar las construcciones, teniendo en cuenta una construcción ecológica y sostenible. Se requieren pruebas objetivas que corroboren que los requisitos exigidos han logrado cumplirse en las áreas de eficiencia, uso de agua, energía, atmosfera, materiales, recursos, calidad del ambiente interior, entre otras.

### BREEAM

*“Building Research Establishment Assessment Methodology”*

El Segundo organismo certificador mas utilizado en el mundo, gestionado por una organización independiente de Reino Unido, disponiendo de una certificación local para los países propios y otra internacional.

## DATOS DE PARTIDA

Nos encontramos en el punto más interesante de todo el trabajo, aquí es donde después de analizar la totalidad de los aspectos que nos interesan relacionados con la eficiencia energética y posteriormente con la certificación de la vivienda, nos dan las pautas de que aspectos debemos mejorar y aquí estudiaremos su viabilidad, los nuevos valores de las diferentes propuestas y los efectos en las nuevas certificaciones energéticas para poder compararlas con las primeras. La intención de partida es adaptar la vivienda a los valores requeridos por el actual CTE, en lo relacionado con el Documento Básico de Ahorro de energía.

En el DB-HE, más precisamente en el documento de introducción “IV Criterios de aplicación en edificios existentes” se dice:

### Criterio 1: No empeoramiento

Salvo en los casos en los que un DB establezca un criterio distinto, las condiciones preexistentes que sean menos exigentes que las establecidas en algún DB no se podrán reducir, y las que sean más exigentes únicamente podrán reducirse hasta el nivel establecido en el correspondiente DB.

### Criterio 2: Flexibilidad

En los casos en los que no sea posible alcanzar el nivel de prestación establecido con carácter general en este DB, podrán adoptarse soluciones que permitan el mayor grado de adecuación posible, determinándose el mismo, siempre que se dé alguno de los siguientes casos:

1. a) en edificios con valor histórico o arquitectónico reconocido, cuando otras soluciones pudiesen alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto, o;
2. b) la aplicación de otras soluciones no suponga una mejora efectiva en las prestaciones relacionadas con el requisito básico de “Ahorro de energía”, o;
3. c) otras soluciones no sean técnica o económicamente viables, o;
4. d) otras soluciones impliquen cambios sustanciales en elementos de la envolvente térmica o en las instalaciones de generación térmica sobre los que no se fuera a actuar inicialmente.

En el proyecto debe justificarse el motivo de la aplicación de este criterio de flexibilidad. En la documentación final de la obra debe quedar constancia del nivel de prestación alcanzado y los condicionantes de uso y mantenimiento, si existen.

### Criterio 3: Reparación de daños

Los elementos de la parte existente no afectados por ninguna de las condiciones establecidas en este DB, podrán conservarse en su estado actual siempre que no presente, antes de la intervención, daños que hayan mermado de forma significativa sus prestaciones iniciales. Si el edificio presenta daños relacionados con el requisito básico de “Ahorro de energía”, la intervención deberá contemplar medidas específicas para su resolución.

- **LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO**

Según la sección HE0 deberá aplicarse la norma a causa de: *“reformas en las que se renueven de forma conjunta las instalaciones de generación térmica y más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio”*. Ya que probablemente cumpliríamos estos requisitos, debemos aplicarla de manera obligada aunque esta obra arquitectónica quedaría excluida por ser Patrimonio de la Humanidad, dato que obviaremos como se ha mencionado anteriormente.

Ya que nuestro emplazamiento se sitúa en Cádiz, Andalucía, contamos con una zona climática A subtipo 3 y su uso es residencial por lo tanto debemos cumplir:

- **Valor límite  $C_{ep,nren,lim}$  ( kW.h/m<sup>2</sup>.año)= 55 según la tabla 3.1.a HE0**

*El consumo de energía primaria no renovable ( $C_{ep,nren}$ ) de los espacios contenidos en el interior de la envolvente térmica del edificio o, en su caso, de la parte del edificio considerada, no superará el valor límite*

- **Valor límite  $C_{ep,tot,lim}$  ( kW.h/m<sup>2</sup>.año)= 75 según la tabla 3.2.a HE0**

*El consumo de energía primaria total ( $C_{ep,tot}$ ) de los espacios contenidos en el interior de la envolvente térmica del edificio o, en su caso, de la parte del edificio considerada, no superará el valor límite*

En cuanto a los valores máximos de transmitancias de la envolvente térmica recogidos en la tabla 3.1.1.a – HE1 para nuestro caso son:

**Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica,  $U_{lim}$  [W/m<sup>2</sup>K]**

Elemento	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior ( $U_s, U_M$ )	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior ( $U_c$ )	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno ( $U_T$ )	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica ( $U_{MD}$ )						
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) ( $U_H$ )*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%						5,7

\*Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de  $U_H$  en un 50%.

Los valores límite de transmitancia aseguran una calidad mínima de la envolvente térmica y evitan descompensaciones en la calidad térmica de los espacios del edificio. Sin embargo, estos valores no aseguran un nivel de demanda adecuado, limitado por el coeficiente global de transmisión de calor (K).

Dichos valores límite no se cumplen actualmente, por lo que habrá que valorar posibles actuaciones para llegar a este cumplimiento. En la tabla a-Anejo E se establecen unos valores de referencia orientativos que aseguran el cumplimiento del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente y que servirán de guía para predimensionar la nueva envolvente.

**Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento,  $U$  [W/m<sup>2</sup> K]**

	Zona Climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior, $U_M, U_s$	0,56	0,50	0,38	0,29	0,27	0,23
Cubiertas en contacto con el aire exterior, $U_c$	0,50	0,44	0,33	0,23	0,22	0,19
Elementos en contacto con espacios no habitables o con el terreno, $U_T$	0,80	0,80	0,69	0,48	0,48	0,48
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana), $U_H$	2,7	2,7	2,0	2,0	1,6	1,5

Los valores de esta tabla son para la intervención en la globalidad del edificio, es decir, para edificios nuevos o intervenciones sobre edificios existentes que afecten a la globalidad de la envolvente térmica (>25%)  
 Para el caso de reformas que afecten a <25% de la envolvente térmica los valores límite de transmitancia térmica para los diferentes elementos constructivos son los de la tabla 3.1.1.a-HE1

También se dispone un valor límite de coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica. Reflejado en la tabla 3.1.1.b

Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite  $K_{lim}$  [ $W/m^2K$ ] para uso residencial privado

	Compacidad $V/A$ [ $m^3/m^2$ ]	Zona climática de invierno					
		$\alpha$	A	B	C	D	E
<b>Edificios nuevos y ampliaciones</b>	$V/A \leq 1$	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	$V/A \geq 4$	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
<b>Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio</b>	$V/A \leq 1$	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	$V/A \geq 4$	1,07	0,94	0,90	0,81	0,70	0,62

Los valores límite de las compacidades intermedias ( $1 < V/A < 4$ ) se obtienen por interpolación.

En el caso de ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.

La compacidad de nuestro proyecto es el resultado de dividir los  $m^3$  definidos por la envolvente térmica entre los  $m^2$  de superficies de intercambio de la envolvente. Por lo tanto al tener  $423 m^2$  ( despreciando el garaje y toda la zona de servicios por entender que no sería utilizada mas que como trastero o lavadero, cambiando su uso. Por lo tanto esta zona y el garaje serían espacios no habitables) y  $545 m^2$  de paramentos que definen la envolvente, nuestra compacidad es de 0,78

En cuanto al control solar se estipula en la tabla 3.1.- HE1 lo siguiente:

$Q_{sol;jul} = 2,00$  ( Valor límite del parámetro de control solar en  $kWh/m^2mes$ )

Aclarando que a efectos de la certificación energética del edificio tienen más peso los elementos fijos como sombras fijas, retranqueos, etc)

En este parámetro actualmente no contamos con ningún dispositivo móvil, solo con el brisei-solei que no cumple su función al cien por cien por problemas de diseño. Se deberá prever la necesidad de algún sistema de esta clase.

Otro aspecto a tener en cuenta es la permeabilidad al aire de la envolvente térmica, que también se regula en el HE y como hemos podido ver en la fase de análisis anterior resulta demasiado alto a causa de la ineficacia de las carpinterías. Deberá entonces tratarse las carpinterías de los huecos para mejorar en este aspecto.

Regulándose en las siguientes tablas:

La permeabilidad al aire ( $Q_{100}$ ) de los huecos que pertenezcan a la envolvente térmica no superará el valor límite de la tabla 3.1.3.a-HE1:

**Tabla 3.1.3.a-HE1 Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica,  $Q_{100,lim}$  [ $m^3/h \cdot m^2$ ]**

	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Permeabilidad al aire de huecos ( $Q_{100,lim}$ ) <sup>*</sup>	$\leq 27$	$\leq 27$	$\leq 27$	$\leq 9$	$\leq 9$	$\leq 9$

\* La permeabilidad indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa,  $Q_{100}$ .

Los valores de permeabilidad establecidos se corresponden con los que definen la clase 2 ( $\leq 27 m^3/h \cdot m^2$ ) y clase 3 ( $\leq 9 m^3/h \cdot m^2$ ) de la UNE-EN 12207:2017.

La permeabilidad del hueco se obtendrá teniendo en cuenta, en su caso, el cajón de persiana.

En edificios nuevos de uso residencial privado con una superficie útil total superior a  $120 m^2$ , la relación del cambio de aire con una presión diferencial de 50 Pa ( $n_{50}$ ) no superará el valor límite de la tabla 3.1.3.b-HE1.

**Tabla 3.1.3.b-HE1 Valor límite de la relación del cambio de aire con una presión de 50 Pa,**

Compacidad V/A [ $m^3/m^2$ ]	$n_{50}$ [ $h^{-1}$ ]
V/A $\leq 2$	6
V/A $\geq 4$	3

Los valores límite de las compacidades intermedias ( $2 < V/A < 4$ ) se obtienen por interpolación.

También se deberán ajustar los valores de transmitancia térmica de particiones interiores, en nuestro caso de espacios habitables con espacios no habitables, ambos en planos horizontales, que según tabla 3.2 HE1:

**caso a:** consultorio con garage

**caso b:** hall de vivienda zon zona de instalaciones

El apartado 3.3 de dicho documento, relacionado con la limitación de las condensaciones no será objeto de estudio, utilizándose valores estimados para la obtención de las certificaciones.

- **CONTRIBUCIÓN MÍNIMA DE ENERGIA RENOVABLE PARA CUBIR LA DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA ( Sección HE4)**

Nuestro ámbito de aplicación entraría dentro del siguiente apartado:

*b) edificios existentes con una demanda de agua caliente sanitaria (ACS) superior a 100 l/d, calculada de acuerdo al Anejo F, en los que se reforme íntegramente, bien el edificio en sí, o bien la instalación de generación térmica, o en los que se produzca un cambio de uso característico del mismo.*

En origen la demanda de ACS era cubierta por una caldera de gasóleo, que fue la utilizada para la primera certificación.

- **GENERACIÓN MÍNIMA DE ENERGIA ELECTRICA ( Sección HE5)**

*La potencia a instalar mínima  $P_{min}$  se obtendrá a partir de la siguiente expresión:  $P_{min} = 0,01 \cdot S$*

*Sin superar el valor de la siguiente expresión:*

$$P_{lim} = 0,05 \cdot SC$$

*donde,*

*$P_{min}$ ,  $P_{lim}$  potencia a instalar [kW];*

*$S$  superficie construida del edificio [ $m^2$ ],*

*$SC$  superficie construida de cubierta del edificio [ $m^2$ ].*

*La potencia a instalar mínima  $P_{min}$  se obtendrá a partir de la siguiente expresión:  $P_{min} = 0,01 \cdot S$*

*Sin superar el valor de la siguiente expresión:*

$$P_{lim} = 0,05 \cdot SC$$

*donde,*

*$P_{min}$ ,  $P_{lim}$  potencia a instalar [kW];*

*$S$  superficie construida del edificio [ $m^2$ ],*

*$Sc$  superficie construida de cubierta del edificio [ $m^2$ ].*

Por lo tanto, en nuestro caso la  $P_{min} = 0,01 \cdot 345 \text{ m}^2 = 3,45 \text{ kW}$

y  $P_{lim} = 0,05 \cdot 125 \text{ m}^2 = 6,25 \text{ kW}$ , esto es de aplicación a uso no residencial, por lo tanto podremos poner la potencia que necesitemos, siempre sin superar los 100 kW.

## PROPUESTAS

### La Envolvente:

El primer paquete de medidas a tomar está relacionado con el comportamiento de la envolvente. Se debe mejorar los valores de transmitancias tanto de paramentos horizontales, verticales como de huecos. Para poder realizar esto nos encontramos en primer lugar con las limitaciones constructivas, de espacio, y de estética. Este último parámetro resulta de gran importancia puesto que fue uno de los objetivos iniciales alterar lo menos posible la característica plástica de la obra.

### Carpinterías:

Empezaremos por las carpinterías, las actuales reflejan valores de transmitancias entre  $2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Puertas ciegas de madera) y  $6,12 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Lucernarios de los baños), por lo tanto no cumplen el valor límite de  $2,70 \text{ W/m}^2\text{K}$  ninguna carpintería destinada a ventanas, solo las puertas. El inconveniente viene si analizamos también la permeabilidad al aire de dichas carpinterías, en ese caso no cumpliría ninguna y por eso se propone la sustitución de la totalidad de las carpinterías.

Para esta sustitución se va a optar por mantener el material principal, la madera ( en este caso se elige pino Flandes de densidad  $500 \text{ kg/m}^3$  por su menor coste, ya que se pintará de blanco), pero se modificarán los espesores sensiblemente. Se utilizará el perfil RM94 o similar de dimensiones  $94 \times 90 \text{ mm}$ . En marco y hojas, los paños practicables correderos serán sustituidos por practicables u oscilobatiente, todos ellos con triple junta de goma, incluso en las puertas ( que dejen de ser oscilobatientes y cuenten con junta inferior de tipo guillotina para no dificultar el paso. El tipo de vidrio será de doble cámara  $4/18\text{Ar}/4/18\text{Ar}/3+3$  con una transmitancia  $U_G = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ , logrando que el conjunto de la carpintería posea una transmitancia total de  $0,99 \text{ W/m}^2\text{K}$  ( Obtendría la certificación Passive House Institute). Logrando así cumplir con holgura los  $2,70 \text{ W/m}^2\text{K}$  marcados por el CTE como valor máximo. Los lucernarios se resolverán de igual manera, pero la cara superior estará forrada con chapas de acero lacadas, para evitar problemas con la madera y garantizar su durabilidad.

El inconveniente principal de sustituir las ventanas es la colocación de las nuevas, puesto que al no existir precercos, la toma de medidas deberá ser muy cuidadosa a fin de lograr una correcta colocación en obra. El otro inconveniente, de carácter estético, sería la modificación de las fachadas en primer lugar por utilizar perfiles 20 mm superiores a los actuales y en segundo lugar por aparecer marcos, ya que en muchas de las ventanas se utilizan los montantes o travesaños para apoyar directamente un vidrio que se mueve por unas ranuras hechas en estos perfiles. Pero si se compara la diferencia a efectos de hermeticidad y transmitancia podemos considerar una intervención con bastante sustento para ser desarrollada.



Figura 96

SECCIÓN VENTANA 1 HOJA  
PRACTICABLE  
OSCILOBATIENTE  
ABATIBLE

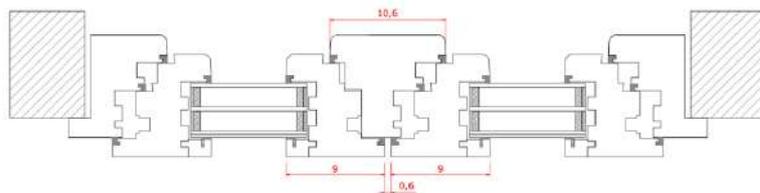


Figura 97



Fachadas:

Como hemos podido ver en el análisis de estos componentes de la envolvente térmica, sus valores de transmitancia son extremadamente altos, puesto que se trata de simples muros enfoscados de ladrillos macizos, de medio pie y de un pie. Para aumentar estos valores se propone en primer lugar la colocación de un sistema de aislamiento por el interior con un trasdosado autoportante con perfilaría de acero galvanizado de 48 mm, colocación de aislamiento tipo termomasa de 33mm de la casa Wurth ( XPS 3cm + Termoplus ) con Resistencia tèrmica de 1,69 m<sup>2</sup>K/W en la cámara intermedia y placa de yeso laminado de 12,5 mm de espesor. Se elige este tamaño de montantes ya que el tamaño total del tabique es de 73 mm, no afectando estéticamente las zonas acristaladas, donde actualmente se cubren 70 mm en los extremos a causa de la ubicación de las ventanas. Comprobamos si con esta aportación las fachadas cumplen, tomando como referencia para el calculo la que presenta peores valores ( muro de ½ pie):

Figura 98

Comprobamos si con esta aportación las fachadas cumplen, tomando como referencia para el calculo la que presenta peores valores ( muro de ½ pie):

Cerramiento Vertical / Muro exterior en contacto con aire

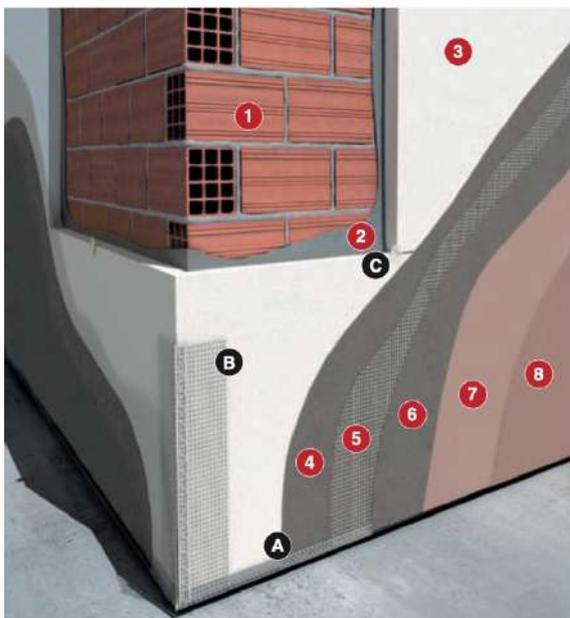
Material	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Espesor (m)	$\lambda$ (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K/W)
Rsi				0,130
Mortero de cemento para revoco	1450-1600	0,010	0,80	0,013
Fábrica de ladrillo macizo LM de 115 a 130 mm de espesor	2170	0,150	1,65	0,091
Mortero de cemento para revoco	1450-1600	0,010	0,80	0,013
Mortero de yeso - enlucido	< 1600	0,010	0,80	0,020
Aislante termomasa 33	-	0,033	-	1,69
PYL e:12,5 mm	>630	0,0125	0,21	0,06
Rse				0,040

<b>Rtotal (m<sup>2</sup>.K/W))</b>	<b>2,06</b>
------------------------------------	-------------

<b>U</b> (W/m <sup>2</sup> .K)	<b>0,49</b>
--------------------------------	-------------

Como se puede observar en la anterior tabla se ha alcanzado una transmitancia de 0,49 W/m<sup>2</sup>.K, siendo el aconsejado que asegura el cumplimiento del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente de 0,50 W/m<sup>2</sup>.K

El problema lo tenemos ahora en los cantos de forjado, ya que existe un gran puente térmico que debemos controlar. Una opción sería colocar falsos techos y aislar un metro aproximadamente desde el canto del forjado para evitar actuar por fuera de la fachada, pero esto no lo podemos hacer porque tenemos una altura libre de 2,26 que no podemos reducir ni un centímetro. Por lo tanto actuaremos por el exterior para lograr un aislamiento continuo y evitar estos puentes térmicos, pero se dejará el sistema interior para aumentar aun más la transmitancia global. Para ello se ha optado por la colocación de un sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE) que aportará una resistencia de 1,25 m<sup>2</sup>.K/W extras con el escaso espesor de 40 mm de la capa aislante y



una totalidad de 50 mm para el conjunto. Este sistema no lo podremos aplicar a los muros medianeros (pues no se puede actuar en la cara contraria, pero puesto que son solo 50 mm contamos con que nos darían un permiso especial para actuar en esa cara de las medianeras), consiguiendo pasar de los 0,49 W/m<sup>2</sup>.K a los 0,30 W/m<sup>2</sup>.K. De esta manera cumplimos la norma muy por encima y solucionamos los puentes térmicos.

Figura 97

Cubiertas y forjados:

En este punto encontramos un gran conflicto con la cubierta transitable que presenta una transmitancia de  $2,101 \text{ W/m}^2.\text{K}$  ( la parte del techo del área de consulta, el primer volumen independiente) y no se acerca a los  $0,50 \text{ W/m}^2.\text{K}$  de obligado cumplimiento. Pero en este sentido no podemos hacer absolutamente nada, ya que por la parte superior incrementaríamos la cota de suelo y esto no es factible ( pues nos quedaría la terraza mas alta que la zona de comedor y resultaría una respuesta poco práctica y alteraría todo el conjunto. Mientras que la actuación por debajo, en la zona de la consulta, también resulta inviable por los escasos 2,26 metros que posee de altura libre, por lo tanto en esta cubierta se decide no actuar.

Sin embargo la cubierta no transitable, que alberga el deposito de agua, los lucernarios y chimeneas de ventilación si nos deja actuar. Se colocará el mismo aislamiento utilizado por el interior de la vivienda pero en un espesor mayor, siendo este ODU Aislante termomasa (XPS 4cm + Multithermic 19C) de 80 mm de la casa Wurth , colocando lamina geotextil por ambas caras y acabándolo con una capa de compresión. Se aprovecharía esta actuación para colocar una nueva lámina impermeable autoprotegida para evitar filtraciones de agua indeseadas ( se observan humedades en esta zona en algunas fotografías). De esta manera aumentaríamos la resistencia tèrmica en  $3,47 \text{ m}^2\text{K/W}$ , convirtiendo el valor total de transmitancia de este paramento de  $2,42 \text{ W/m}^2.\text{K}$  a  $0,26 \text{ W/m}^2.\text{K}$  (siendo el máximo aceptable por la norma de  $0,50 \text{ W/m}^2.\text{K}$ )

Por último en lo que a elementos de la envolvente se refiere nos encontramos los dos forjados que limitan con espacios no habitables: el de la consulta que por debajo tiene el garaje en una zona y aire en otra, y el del hall de acceso a la vivienda que por la zona inferior limita con el área destinada a instalaciones y lavandería. En el que se encuentra en contacto con aire exterior se resuelve un falso techo suspendido, albergando el mismo material aislante descrito anteriormente, con placas tipo thermopanel aptas para la intemperie, descendiendo la cota inferior de este plano unos diez centímetros. La transmitancia de este paramento pasaría de  $2,10$  a  $0,25 \text{ W/m}^2.\text{K}$ , cumpliendo la norma que estipula el máximo en  $0,70 \text{ W/m}^2.\text{K}$ .

Mientras tanto, los otros forjados que limitan con espacios no habitables no serán objeto de cambios a causa de la poca altura libre que disponemos.

Instalaciones:



Figura 98

Para cubrir la demanda de ACS y de calefacción se mantendrá el sistema proyectado por Le Corbusier de radiadores de hierro fundido ya que cambiar toda la instalación sería muy costoso y acarrearía posibles daños al edificio, que queremos evitar. Por ello se mantiene parte del sistema, ya que

la caldera de gasóleo ya no debe funcionar y no nos interesa tenerla a efectos de eficiencia energética, la sustituiremos por una caldera de biomasa en la misma ubicación que la anterior, teniendo la posibilidad de colocar el depósito en la misma zona, además contamos ya con la chimenea de ventilación y con el conducto de carga de gasóleo desde la calle, que habría que estudiar la viabilidad de utilizarlo para la carga de pellets. A efectos de cálculo de la certificación se usará el valor estándar de potencia nominal de 24 kW, puesto que no se ha hecho el cálculo para definir dicha potencia y se ha utilizado este mismo valor para los anteriores certificados.

Contribución solar para producción de ACS:

Método de calculo mediante herramienta web en:

<http://konstruir.com/C.T.E/HE-4-Contribucion-solar-minima-de-agua-caliente-sanitaria/#>



#### PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE POR MEDIO DE ENERGÍA SOLAR CTE DB-HE-4

Cálculos de superficie de captación para la producción de agua caliente sanitarias, con el objetivo de cumplir con la contribución marcada por la fracción solar mínima establecida en el CTE.

#### DATOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL CONSUMO.

La tipología de edificio es : **Viviendas unifamiliares**  
 El edificio dispone de :1 viviendas con 4 dormitorios,  
 para lo que el CTE establece 6 personas por vivienda.  
 Con lo que nos resulta un número de 6 personas.  
 Con un consumo previsto de 28 litros por persona.  
 La Temperatura de utilización prevista es de 60 °C.  
 Consumo total = 168 litros por día.



DATOS GEOGRÁFICOS	
Provincia:	CADIZ
Latitud de cálculo:	37°
Zona Climática :	IV

Los porcentajes de utilización a lo largo del año previstos son:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	Jul	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
% de ocupación:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

#### CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ENERGIA

	CÁLCULO ENERGÉTICO											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	Jul	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Días por mes:	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Consumo de agua [L/día]:	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
Tª. media agua red [°C]:	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8
Incremento Ta. [°C]:	52	51	49	47	46	45	44	45	46	47	49	52
Demanda Ener. [KWh]:	314	278	296	275	278	263	266	272	269	284	286	314
<b>Total demanda energética anual: 3.395 KWH</b>												



**DATOS RELATIVOS AL SISTEMA**

<b>DATOS DEL CAPTADOR SELECCIONADO</b>		Factor de eficiencia óptica	0,748
<b>Modelo</b>	<b>ASTERSA AT018</b>	Coefficiente global de pérdidas	3,718 W/(m <sup>2</sup> ·°C)
<b>Dimensiones:</b>	1,055 m x 1,85 m.	Área Útil	1,80 m <sup>2</sup> .

**2 captadores con un área útil de captación de 3.6 m2. Volumen de acumulación ACS de 300 l**

<b>Datos de posición</b>	
Inclinación:	35 °
Desorientación con el sur:	0 °

<b>Pérdidas en el caso General</b>	
Pérdidas por inclinación. (óptima 35°)	0,00%
Pérdidas por desorientación con el sur:	0,00%
Pérdidas por sombras	0 %

Se hace un cálculo de pérdida por orientación con respecto a Sur a través de la formula  $\text{por} = 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \text{a}^2$ .

Se hace un cálculo del valor de pérdidas por inclinación del captador, diferente a la óptima (la latitud 35°), a partir de una media ponderada de los valores de pérdida por inclinación comparados con la orientación óptima. Los datos de pérdida por inclinación sobre una superficie horizontal se han extraído de las tablas Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura del IDAE. Contienen datos en intervalos de 5°, por ello nos calculan pérdidas en función a ese incremento.

<b>Constantes consideradas en el cálculo</b>	
Factor corrector conjunto captador-intercambiador	0.95
Modificador del ángulo de incidencia	0.96
Temperatura mínima ACS	45°

**CALCULO ENERGÉTICO MEDIANTE EL METODO F-CHART**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	Jul	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Rad. horiz. [kWh/m2-mes]:	69,75	89,32	135,16	154,20	191,27	198,30	222,89	198,09	150,90	122,14	83,40	63,86
Coef. K. incl[35°] lat[37°]	1,33	1,24	1,14	1,03	0,96	0,93	0,96	1,04	1,17	1,32	1,42	1,41
Rad. inclin. [kWh/m2-mes]:	92,77	110,76	154,08	158,83	183,62	184,42	213,97	206,01	176,55	161,22	118,43	90,04
Deman. Ener. [KWh]:	314	278	296	275	278	263	266	272	269	284	286	314
Ener. Ac. Cap. [KWh/mes]:	228	272	378	390	451	453	525	506	434	396	291	221
D1=EA/DE	0,73	0,98	1,28	1,42	1,62	1,72	1,98	1,86	1,61	1,39	1,02	0,70
K1	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
K2	0,79	0,81	0,85	0,91	0,92	0,92	0,93	0,86	0,85	0,87	0,83	0,77
Ener. Per. Cap. [KWh/mes]:	646	596	667	673	688	638	652	595	583	652	625	624
D2=EP/DE	2,05	2,14	2,25	2,45	2,48	2,43	2,45	2,19	2,17	2,30	2,18	1,99
f	0,50	0,66	0,82	0,88	0,97	1,01	1,09	1,07	0,98	0,88	0,68	0,49
EU=f*DE	157	184	244	242	269	265	291	291	264	249	195	153

**Total producción energética útil anual: 2.803 KWh**

**RESULTADOS**

**RESULTADO OBTENIDOS**

Total demanda energética anual:	
Total producción energética útil anual:	2.803 kWh
Factor F anual aportado de:	83%

**EXIGENCIAS DEL CTE**

Zona climática tipo:	IV
Sistema de energía de apoyo tipo:	General: gasóleo, propano, gas natural, u otras
Contribución Solar Mínima:	60%

**CUMPLE LAS EXIGENCIAS DEL CTE**

**EXIGENCIAS DEL CTE Respecto al límite de pérdidas por orientación o inclinación**

	Orien. e incl.	Sombras.	Total
Pérdida permitidas en CTE. Caso General	10%	10%	15%
Pérdida en el proyecto	0,00%	0,00%	0,00%

**CUMPLE LAS EXIGENCIAS DEL CTE**

**CÁLCULO ENERGÉTICO**

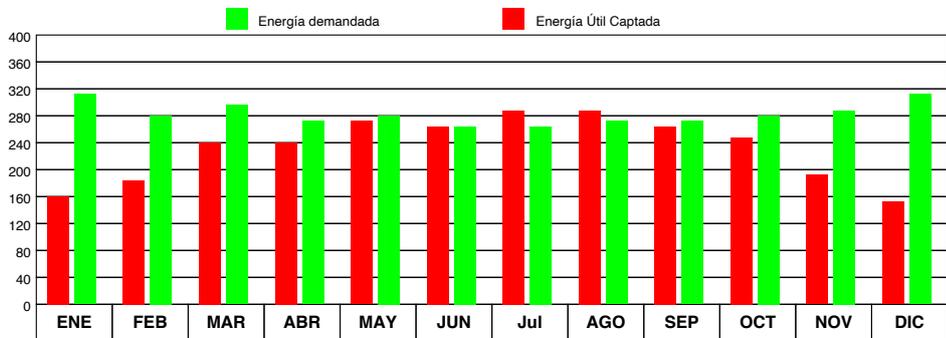
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	Jul	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Demanda Ener.[kWh/mes]:	314	278	296	275	278	263	266	272	269	284	286	314
Ener. Util cap.[kWh/mes]:	157	184	244	242	269	265	291	291	264	249	195	153
% ENERGIA APORTADA	50%	66%	82%	88%	97%	101%	109%	107%	98%	88%	68%	49%

Cumple la condición del CTE, no existe ningún mes que se produzca más del 110% de la energía demandada.

NO Cumple la condición del CTE, existen 3 meses consecutivos que se produzca más de un 100% de la energía demandada.

Habrà que realizar alguna de las acciones correctoras que indica el CTE en su apartado 2.1.4

GRAFICA COMPARATIVA DEMANDA-ENERGIA CAPTADA



Dicho sistema se ubicará en la cubierta no transitable el captador solar de tipo tubos de vacío y el sistema de centralización monitorizada junto al acumulador se encontrarán en la planta de semisótano junto a la caldera de biomasa. Se deberá dotar a la instalación de la posibilidad de disipar los excedentes producidos en los meses de Junio, Julio y Agosto (a través de equipos específicos o mediante la circulación nocturna del circuito primario).

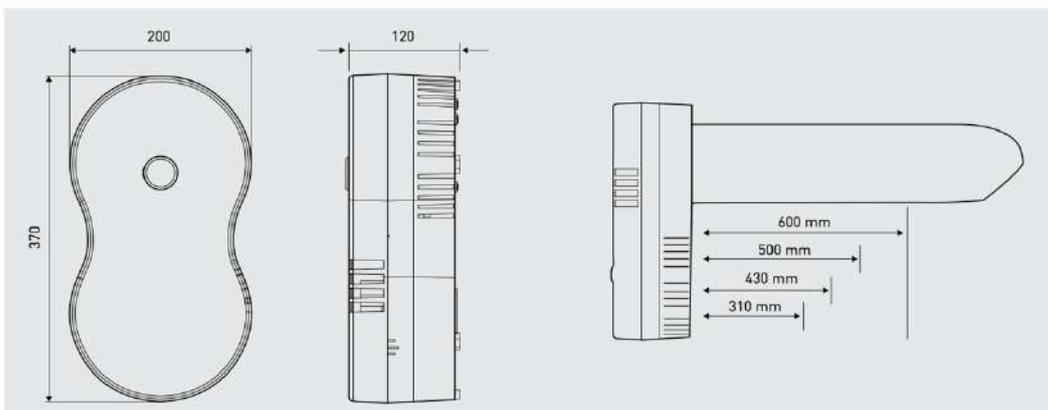
#### Sistema de Refrigeración:

Actualmente la vivienda no cuenta con ningún sistema de acondicionamiento térmico en verano, puede ser una opción prever la instalación de sistemas de aire acondicionado individual por estancias, pero ocasionaría un efecto desagradable en las fachadas y cubiertas a causa de las unidades exteriores de estos elementos. Otra opción es un sistema centralizado, siempre mas eficiente, pero al no contar con la opción de colocar las tuberías de distribución de la impulsión y la extracción por falsos techos a causa de la baja altura libre, esta opción también es descartada. Para disminuir la necesidad de refrigeración debemos utilizar recursos de protección solar y unos datos de envolvente térmica mas que aceptables.

#### Sistema de Ventilación Mecánica controlada:

Lo ideal en este aspecto sería instalar un sistema de ventilación mecánico con recuperador de calor para toda la vivienda, teniendo así un único equipo y controlando la vivienda de manera homogénea. Esto es inviable por la imposibilidad de bajar los techos (como se ha mencionado ya en varias ocasiones). Por lo tanto la única vía posible para tener una ventilación controlada y evitar las pérdidas por la ventilación manual sería la colocación de ventiladores descentralizados con recuperador de calor, colocándose uno de estos en cada una de las estancias si no superan los  $m^3/h$  necesarios, siendo la única solución la colocación de mas de una unidad. Un ejemplo de estos dispositivos:

**DIMENSIONES (mm)**



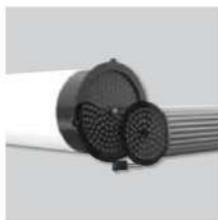
**VENTILACIÓN DESCENTRALIZADA CON RECUPERACIÓN DE CALOR**  
**Serie ECOROOM**



Unidad de ventilación descentralizada con recuperación de calor para estancias individuales, para aplicaciones domésticas o comerciales. Perfecta integración en la estancia, debido a que el intercambiador queda ubicado en el interior de la pared. Rendimiento hasta 75% (versión 150 mm). Los modelos de diámetro 100 mm pueden sustituir un extractor de baño ya existente. Concebido para funcionamiento continuo, ajusta el caudal proporcionalmente según el grado de humedad, asegurando así la calidad del aire interior.

**Características**

- Motor de corriente continua.
- Ventiladores centrífugos de alta eficiencia.
- Intercambiador tubular.
- Caudal proporcional según higrostató.
- Modo verano automático.
- Modo boost manual.
- Protección antiheladas automática.
- Tensión de alimentación: 230V/12V.



**Intercambiador tubular**  
de Ø 100 ó 150 mm.



**Fácil acceso para mantenimiento y limpieza**



**Aplicaciones específicas**



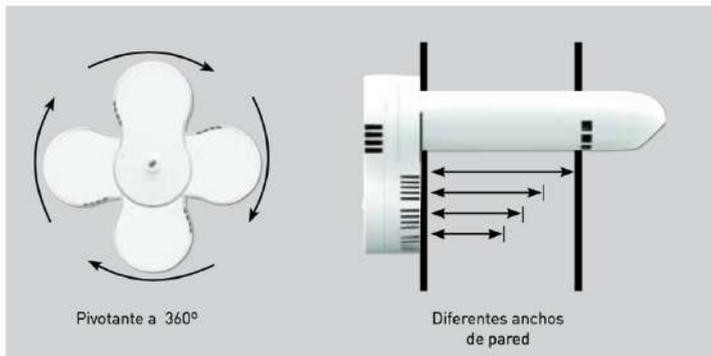
**VMC viviendas unifamiliares**



**VMC viviendas colectivas**



**Recuperación de calor**



**Alternativas de montaje**



**Vista frontal**

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

Modelo	Ø (mm)	Pared (mm)	Tensión (V)	Caudal mínimo (m³/h)	Potencia absorbida (W)	Nivel de presión sonora (dB(A)) a 3 m	Boost (m³/h)	Potencia absorbida (W)	Nivel de presión sonora (dB(A))	Rendimiento máximo (%)
100/330	100	330	230	25	4,9	22	45	20,4	39	68
100/430		430			5,2	22		21,9	39	
100/500		500			5,2	22		22,1	39	
100/600		600			5,8	23		23,7	41	
150/330	150	330	230	25	4,6	23	45	14,9	36	75
150/430		430			4,9	24		15,5	36	
150/500		500			4,7	22		14,7	36	
150/600		600			5,1	23		16	37	

## CERTIFICACIÓN ENERGÉTICAS DEL PROYECTO CON MEJORAS

### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

#### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	CASA CURUTCHET		
Dirección	AVENIDA 53 320, LA PLATA, BUENOS AIRES, ARGENTINA (original)		
Municipio	Cádiz	Código Postal	xxxxx
Provincia	Cádiz	Comunidad Autónoma	Andalucía
Zona climática	A3	Año construcción	1954
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:	
<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Unifamiliar</li> <li><input type="radio"/> Bloque                         <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Bloque completo</li> <li><input type="radio"/> Vivienda individual</li> </ul> </li> </ul>	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Edificio completo</li> <li><input type="radio"/> Local</li> </ul>

#### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	JUAN MANUEL LÓPEZ AMOR	NIF(NIE)	XXXXXXXX
Razón social	XXXXXXXX	NIF	XXXXXXXX
Domicilio	XXXXXXXX		
Municipio	Valladolid	Código Postal	47001
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	XXXXXXXX	Teléfono	XXXXXXXX
Titulación habilitante según normativa vigente	ARQUITECTO		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

#### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m <sup>2</sup> año]	EMISIONES DE DÍOXIDO DE CARBONO [kgCO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> año]
<p style="text-align: center;">18.5 A</p>	<p style="text-align: center;">3.2 A</p>

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 01/09/2020

Firma del técnico certificador

**Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.

**Anexo II.** Calificación energética del edificio.

**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

Fecha 03/09/2020  
Ref. Catastral xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Página 1 de 7

## ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

### 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

<b>Superficie habitable [m<sup>2</sup>]</b>	271.47
<b>Imagen del edificio</b>	<b>Plano de situación</b>
	

### 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Modo de obtención
Fachada S	Fachada	4.57	0.31	Conocidas
Fachada NO	Fachada	94.86	0.31	Conocidas
MEDIANERA NO	Fachada	21.55	0.00	
Fachada NE	Fachada	65.37	0.30	Conocidas
Fachada SO	Fachada	27.83	0.30	Conocidas
Fachada SE	Fachada	41.02	0.30	Conocidas
MEDIANERA SE	Fachada	43.94	0.00	
CUBIERTA-TERRAZA	Cubierta	50.0	2.10	Conocidas
CUBIERTA NO TRANSITABLE	Cubierta	88.58	0.26	Conocidas
SUELO CONSULTA / GARAGE	Partición Interior	18.0	2.17	Por defecto
SUELO HALL VIVIENDA	Partición Interior	19.2	2.17	Por defecto
SUELO CONSULTA	Suelo	27.5	0.25	Conocidas
SUELO P1 VIVIENDA	Suelo	69.0	0.25	Conocidas

#### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
L1	Lucernario	0.96	1.19	0.30	Conocido	Conocido
L2	Lucernario	0.46	1.21	0.29	Conocido	Conocido
V1	Hueco	22.83	1.12	0.32	Conocido	Conocido
V2-P1	Hueco	5.40	1.51	0.19	Conocido	Conocido

Fecha 03/09/2020  
Ref. Catastral xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Página 2 de 7

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V3	Hueco	3.89	1.40	0.23	Conocido	Conocido
P2	Hueco	1.83	2.00	0.02	Conocido	Conocido
P3	Hueco	1.83	2.00	0.06	Conocido	Conocido
P4	Hueco	1.83	2.00	0.02	Conocido	Conocido
P6	Hueco	2.26	2.00	0.02	Conocido	Conocido
V4	Hueco	12.89	1.04	0.35	Conocido	Conocido
V5-P5	Hueco	8.11	1.43	0.22	Conocido	Conocido
V6	Hueco	1.35	1.25	0.28	Conocido	Conocido
V7	Hueco	1.45	1.32	0.25	Conocido	Conocido
V8	Hueco	5.02	1.19	0.30	Conocido	Conocido
V9-P7	Hueco	5.88	1.54	0.18	Conocido	Conocido
V10*	Hueco	19.10	1.13	0.32	Conocido	Conocido
V11	Hueco	7.28	1.14	0.32	Conocido	Conocido

### 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

#### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	77.2	Biomasa densificada (pelets)	Estimado
<b>TOTALES</b>	Calefacción				

#### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
<b>TOTALES</b>	Refrigeración				

#### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

<b>Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)</b>	140.0
---	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	77.2	Biomasa densificada (pelets)	Estimado
<b>TOTALES</b>	ACS				

Fecha 03/09/2020  
 Ref. Catastral xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Página 3 de 7

## 6. ENERGÍAS RENOVABLES

### Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Contribuciones energéticas	-	-	83.0	-
<b>TOTAL</b>	-	-	83.0	-

Fecha  
Ref. Catastral

03/09/2020  
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Página 4 de 7

## ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	A3	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
	<b>3.2 A</b>	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
		<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	A	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	A
		0.07		0.04	
		<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
<i>Emisiones globales</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	B	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	-	
	3.05		-		

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
<i>Emisiones CO<sub>2</sub> por consumo eléctrico</i>	3.05	828.29
<i>Emisiones CO<sub>2</sub> por otros combustibles</i>	0.11	30.54

### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
	<b>18.5 A</b>	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
		<i>Energía primaria calefacción</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	A	<i>Energía primaria ACS</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	A
		0.35		0.18	
		<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	<i>Energía primaria refrigeración</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	C	<i>Energía primaria iluminación</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	-	
	18.01		-		

### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
<b>3.2 A</b>	<b>18.4 C</b>
<i>Demanda de calefacción</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]	<i>Demanda de refrigeración</i> [kWh/m <sup>2</sup> año]

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

Fecha 03/09/2020  
Ref. Catastral xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Página 5 de 7

## CONCLUSIONES FINALES

Este trabajo se ha desarrollado por un interés especial en la obra de Le Corbusier en Argentina, siendo un caso muy peculiar por la manera en que el arquitecto la proyecta y por ser la única vivienda construida del maestro en el continente americano. Sumado a este interés me he encontrado con una motivación por la arquitectura que me tocará proyectar como arquitecto, una arquitectura diferente a la que se estudia a lo largo de los primeros años de la carrera y que se empieza a conocer muy brevemente en los cursos finales gracias a las asignaturas de Acondicionamiento e Instalaciones que posee el Grado en Fundamentos en Arquitectura y a la dedicación y entusiasmo con la que se dictan sus clases, lo que llamó mi interés personal desde un principio, haciendo que mi interés en la arquitectura tomara otra perspectiva distinta y me obligo a investigar y analizar conceptos desarrollados en este trabajo fin de grado.

Refiriéndome ahora al proceso llevado a cabo en este breve trabajo de investigación, que ha podido desarrollarse gracias a la interminable documentación relacionada con la vivienda que abarca desde los escritos de Le Corbusier hacia los años 1940, hasta tesis doctorales que estudian muchísimos aspectos de la obra. Fue sorprendente saber que una serie de arquitectos se interesaron por esta vivienda más allá de por sus características plásticas y por representar una síntesis de todas las ideas que Le Corbusier quería transmitir con su nueva arquitectura, enfocando trabajos de análisis, toma de datos, etc. desde un enfoque más técnico, llegando incluso a visiones más cercanas a ramas de la ingeniería que de la arquitectura.

Luego de analizar todos los aspectos más formales de la obra como su proceso de construcción, todos los agentes que intervienen, el largo proceso tortuoso desde que al Dr. Curutchet se le ocurre la idea de comprar el solar hasta que habita la vivienda unos cuantos años después, como finalmente el resultado no fue el esperado y decide marcharse. Así como también todos los factores que hicieron que sus habitantes no estuvieran conformes con la vivienda, me han servido para comprender la vivienda en un aspecto muy amplio.

Por otra parte el análisis más técnico, donde se dejan de lado las cosas aprendidas en un principio pero se tienen presentes porque en muchas ocasiones he encontrado relaciones muy directas entre estos dos mundos que parecen tan diferentes, ha servido

para comprender cuales eran los criterios que se ponían en primer lugar a la hora de proyectar arquitectura, que hasta no hace mucho han variado muy poco. Sobretodo, al descubrir que Le Corbusier intentó en cierto modo, y con las herramientas y materiales de la época, hacer una vivienda eficiente aumenta mi admiración por este arquitecto, aunque los resultados finales hayan demostrado que no estaba del todo acertado en todas sus propuestas.

Este análisis deja al descubierto la Casa Curutchet posee un comportamiento térmico bastante negativo, a causa de la gran cantidad de porcentaje de fachada destinado a huecos de ventanas, con carpinterías muy deficientes y vidrios no aceptables hoy en día. **A** estas cuestiones se suma la adecuación poco acertada del sistema de brisei-solei y al grave error de no construir el sistema de persianas, sobretodo para la zona destinada a la actividad profesional del doctor, donde la incidencia de los rayos solares resulta abrumadora como se ha podido comprobar.

Con todas estas cuestiones se ha obtenido una primera certificación energética con un resultado no tan negativo como era de esperar según se avanzaba en la fase de análisis, teniendo en cuenta que no se conto con la presencia de los sistemas de protección solar a causa de su ineficiencia a la hora del cálculo. Lo mas destacable de esta primera etapa donde se certifica ha sido como varía el resultado final según se interpreten los datos, con esto me refiero a las medianeras. Si certificamos la vivienda como ubicada entre medianeras en la totalidad de estos paramentos sin tener en cuenta si hay o no edificaciones colindantes, obtenemos un resultado mucho mas favorable que si por el contrario diferenciamos entre zonas donde las medianeras limitan con edificaciones y otras donde se encuentran en contacto con el exterior. Este parámetro resulta muy complejo ya que no siempre sabemos que construcciones tenemos en los solares vecinos, o si lo sabemos pero estas pueden fluctuar a lo largo del tiempo. En este caso creo que ha sido acertada esta diferencia ya que desde la época en la que se finalizo la obra hace mas de setenta años hasta la actualidad estas edificaciones se han mantenido iguales, solo siendo modificada la posterior que ahora ocupa el Colegio de Arquitectos de la Provincia de Buenos Aires.

La segunda y última etapa, donde se propone, es un difícil paso a dar porque uno se encuentra con limitaciones físicas y otras de otras índoles, queriendo causar el mínimo impacto en una obra de estas características. Por esto hay zonas de la envolvente que

deberían de haberse mejorado pero no ha sido posible, y las que si han sido mejoradas siempre se ha tenido en cuenta minimizar el cambio estético de la vivienda. Es muy evidente que si en esta fase el carácter no fuera académico y pasara a ser real habría que evaluar el aspecto económico y su viabilidad sopesando los beneficios y los aportes que deberían hacerse. Con esto me refiero principalmente al cambio de la totalidad de las carpinterías, que supondría un altísimo coste económico, que a groso modo tardaría muchísimo en ser amortizado por los posibles propietarios.

Se puede observar como la certificación energética da un salto muy importante desde el estado original hasta el propuesto con las mejoras. Esto esta basado en unos cuantos conceptos como mejorar todo lo posible la totalidad de la envolvente con materiales con muy buen comportamiento aislante, poco espesor y con la posibilidad de alterar mínimamente la estética, la utilización de una fuente de energía primaria ( en este caso la biomasa) que contribuye en gran medida a la mejora de la certificación. Destacando la aportación de energía solar para agua caliente sanitaria. Todos estos conceptos se han intentado cumplir yendo mucho mas allá de los valores estipulados por la normativa del CTE, basando la certificación energética A en esta estrategia.

Como conclusión final se podría decir que a pesar de lograr la certificación mas alta dentro de la escala de la normativa española, existen muchas posibles mejoras que aumentarían en gran medida la eficiencia real de la vivienda, y que el programa con el que se realiza dicha certificación no tiene en cuenta, como la utilización de energía solar con placas fotovoltaicas para el consumo de electricidad y electrodomésticos o la utilización de un sistema de ventilación mecánica controlada (que en este caso era inviable), aspectos que si tienen en cuenta otros sistemas de certificación. Se debe aclarar que para esta nueva certificación tampoco se han tenido en cuenta las protecciones solares del sistema de brisei-solei ni de la sombras arrojadas por el gran árbol. Por lo tanto si analizáramos a fondo estos aspectos la certificación seria sensible a algún cambio.

En este anexo se muestran los resultados obtenidos si se hubiera seleccionado la ubicación de estudio en Girona, Cataluña, cuyos valores máximos de normativa resultan más restrictivos por ubicarse en la zona climática D2-III según el CTE. En ambas certificaciones se siguió la misma metodología que en las expuestas en el trabajo con ubicación en Cádiz, manteniendo los mismos valores de cálculo, de aportación de energías pasivas entre otras cuestiones, y variando solamente la situación geográfica. De esta manera se comparan cuatro certificaciones, dos de estado actual y dos de mejora ( *siempre las del CASO A: diferenciando medianeras*).

Como conclusiones breves a esta comparativa podemos señalar que los datos de las certificaciones de partida son muy diferentes, mientras que en Cádiz se consigue una letra F (190.4) en consumo de energía primaria no renovable y la misma letra en emisiones de dióxido de carbono (47.3) , en Girona estos valores descienden a G (500.3) y G (130.5) respectivamente. En este punto se aprecian unos datos mucho más desfavorables para la segunda ubicación, principalmente a causa de los valores de transmitancias máximas exigidas, lo que quiere decir que nos encontramos aún más lejos que en el primer supuesto de las condiciones óptimas para la vivienda y su ahorro energético.

A pesar de estas diferencias y a causa de haber planteado las mejoras basándonos en superar ampliamente las exigencias del CTE , con la finalidad de ver la viabilidad de otra posible certificación que requiere ser más restrictivos que la norma española, se ha llegado a conseguir con las mismas mejoras una certificación final muy similar ( ambas etiquetas con letra A y valores sensiblemente diferentes en sentido positivo) . Sin embargo podemos observar como esta mejora, que incluso llega a superar los valores de la primera certificación, se ven estrictamente relacionados con la utilización de estos límites más restrictivos logrando los valores de transmitancias aconsejados por la tabla a del Anejo E (utilizados como guía anteriormente) se cumplan en todos los casos a excepción de las fachadas que poseen un valor de transmitancia de 0,30-0,31 W/m<sup>2</sup>.K y el valor aconsejado es de 0,27 W/m<sup>2</sup>.K. Lo mismo sucede con la cubierta transitable cuyo valor se encuentra en 0,26 W/m<sup>2</sup>.K. y el aconsejable es de 0,22 W/m<sup>2</sup>.K. En cuanto a las

carpinterías, al haber utilizado unas que cumplen el estándar Passivhaus cumplen satisfactoriamente los nuevos valores de esta zona.

De esta manera en ambos casos cumplimos sobradamente las exigencias requeridas en las diferentes zonas climáticas.

## CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL PROYECTO INICIAL

### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

#### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	CASA CURUTCHET		
Dirección	AVENIDA 53 320, LA PLATA, BUENOS AIRES, ARGENTINA (original)		
Municipio	Girona	Código Postal	xxxxx
Provincia	Girona	Comunidad Autónoma	Cataluña
Zona climática	D2	Año construcción	1954
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx		

#### Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Unifamiliar</li> <li><input type="radio"/> Bloque                         <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Bloque completo</li> <li><input type="radio"/> Vivienda individual</li> </ul> </li> </ul>	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Edificio completo</li> <li><input type="radio"/> Local</li> </ul>

#### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	JUAN MANUEL LÓPEZ AMOR	NIF(NIE)	XXXXXXXX
Razón social	XXXXXXXX	NIF	XXXXXXXX
Domicilio	XXXXXXXX		
Municipio	Valladolid	Código Postal	47001
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	XXXXXXXX	Teléfono	XXXXXXXX
Titulación habilitante según normativa vigente	ARQUITECTO		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

#### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m <sup>2</sup> año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> año]	
	← 500.3 G		← 130.5 G

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 28/08/2020

Firma del técnico certificador

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
- Anexo II.** Calificación energética del edificio.
- Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
- Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

Fecha  
Ref. Catastral

04/09/2020  
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Página 1 de 7

## ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

### 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

<b>Superficie habitable [m<sup>2</sup>]</b>	271.47
<b>Imagen del edificio</b>	<b>Plano de situación</b>
	

### 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Modo de obtención
Fachada S	Fachada	4.57	2.00	Conocidas
Fachada NO	Fachada	94.86	2.00	Conocidas
MEDIANERA NO	Fachada	21.55	0.00	
Fachada NE	Fachada	65.37	2.89	Conocidas
Fachada SO	Fachada	27.83	2.00	Conocidas
Fachada SE	Fachada	41.02	2.89	Conocidas
MEDIANERA SE	Fachada	43.94	0.00	
CUBIERTA-TERRAZA	Cubierta	50.0	2.36	Conocidas
CUBIERTA NO TRANSITABLE	Cubierta	88.58	2.36	Conocidas
SUELO CONSULTA / GARAGE	Partición Interior	18.0	2.17	Por defecto
SUELO HALL VIVIENDA	Partición Interior	19.2	2.17	Por defecto
SUELO CONSULTA	Suelo	27.5	2.50	Por defecto
SUELO P1 VIVIENDA	Suelo	69.0	2.50	Por defecto

#### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
L1	Lucernario	0.96	5.70	0.62	Estimado	Estimado
L2	Lucernario	0.46	5.70	0.61	Estimado	Estimado
V1	Hueco	22.83	5.00	0.66	Estimado	Estimado
V2-P1	Hueco	5.40	3.78	0.38	Estimado	Estimado

Fecha 04/09/2020  
Ref. Catastral xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Página 2 de 7

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V3	Hueco	3.89	4.12	0.46	Estimado	Estimado
P2	Hueco	1.83	2.20	0.03	Estimado	Estimado
P3	Hueco	1.83	2.20	0.07	Estimado	Estimado
P4	Hueco	1.83	2.20	0.03	Estimado	Estimado
P6	Hueco	2.26	2.20	0.03	Estimado	Estimado
V4	Hueco	12.89	5.25	0.72	Estimado	Estimado
V5-P5	Hueco	8.11	4.02	0.44	Estimado	Estimado
V6	Hueco	1.35	4.58	0.57	Estimado	Estimado
V7	Hueco	1.45	4.37	0.52	Estimado	Estimado
V8	Hueco	5.02	4.79	0.61	Estimado	Estimado
V9-P7	Hueco	5.88	3.67	0.36	Estimado	Estimado
V10*	Hueco	19.10	4.96	0.65	Estimado	Estimado
V11	Hueco	7.28	4.93	0.65	Estimado	Estimado

### 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

#### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gasóleo-C	Estimado
<b>TOTALES</b>	Calefacción				

#### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
<b>TOTALES</b>	Refrigeración				

#### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	140.0
--	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gasóleo-C	Estimado
<b>TOTALES</b>	ACS				

## ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D2	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
	<i>Emisiones calefacción [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	G	<i>Emisiones ACS [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	E
	122.56		5.24	
<i>Emisiones globales [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>  <span style="color: red; font-weight: bold;">130.5 G</span>	<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
	<i>Emisiones refrigeración [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	D	<i>Emisiones iluminación [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	-
	2.68		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
<i>Emisiones CO<sub>2</sub> por consumo eléctrico</i>	2.68	727.53
<i>Emisiones CO<sub>2</sub> por otros combustibles</i>	127.80	34692.62

### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
	<i>Energía primaria calefacción [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	G	<i>Energía primaria ACS [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	E
	464.61		19.86	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>  <span style="color: red; font-weight: bold;">500.3 G</span>	<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
	<i>Energía primaria refrigeración [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	E	<i>Energía primaria iluminación [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	-
	15.82		-	

### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
<i>Demanda de calefacción [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	<i>Demanda de refrigeración [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

Fecha 04/09/2020  
Ref. Catastral xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Página 5 de 7

## CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL PROYECTO CON MEJORAS

### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

#### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	CASA CURUTCHET		
Dirección	AVENIDA 53 320, LA PLATA, BUENOS AIRES, ARGENTINA (original)		
Municipio	Girona	Código Postal	xxxxx
Provincia	Girona	Comunidad Autónoma	Cataluña
Zona climática	D2	Año construcción	1954
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx		

#### Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Unifamiliar</li> <li><input type="radio"/> Bloque                         <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Bloque completo</li> <li><input type="radio"/> Vivienda individual</li> </ul> </li> </ul>	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Edificio completo</li> <li><input type="radio"/> Local</li> </ul>

#### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	JUAN MANUEL LÓPEZ AMOR	NIF(NIE)	XXXXXXXX
Razón social	XXXXXXXX	NIF	XXXXXXXX
Domicilio	XXXXXXXX		
Municipio	Valladolid	Código Postal	47001
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	XXXXXXXX	Teléfono	XXXXXXXX
Titulación habilitante según normativa vigente	ARQUITECTO		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

#### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m <sup>2</sup> año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> año]
<p>14.3 A</p>	<p>2.7 A</p>

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 28/08/2020

Firma del técnico certificador

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
- Anexo II.** Calificación energética del edificio.
- Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
- Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

Fecha  
Ref. Catastral

04/09/2020  
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Página 1 de 7

## ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

### 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

<b>Superficie habitable [m<sup>2</sup>]</b>	271.47
<b>Imagen del edificio</b>	<b>Plano de situación</b>
	

### 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Modo de obtención
Fachada S	Fachada	4.57	0.31	Conocidas
Fachada NO	Fachada	94.86	0.31	Conocidas
MEDIANERA NO	Fachada	21.55	0.00	
Fachada NE	Fachada	65.37	0.30	Conocidas
Fachada SO	Fachada	27.83	0.30	Conocidas
Fachada SE	Fachada	41.02	0.30	Conocidas
MEDIANERA SE	Fachada	43.94	0.00	
CUBIERTA-TERRAZA	Cubierta	50.0	2.10	Conocidas
CUBIERTA NO TRANSITABLE	Cubierta	88.58	0.26	Conocidas
SUELO CONSULTA / GARAGE	Partición Interior	18.0	2.17	Por defecto
SUELO HALL VIVIENDA	Partición Interior	19.2	2.17	Por defecto
SUELO CONSULTA	Suelo	27.5	0.25	Conocidas
SUELO P1 VIVIENDA	Suelo	69.0	0.25	Conocidas

#### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
L1	Lucernario	0.96	1.19	0.30	Conocido	Conocido
L2	Lucernario	0.46	1.21	0.29	Conocido	Conocido
V1	Hueco	22.83	1.12	0.32	Conocido	Conocido
V2-P1	Hueco	5.40	1.51	0.19	Conocido	Conocido

Fecha 04/09/2020  
Ref. Catastral xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Página 2 de 7

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V3	Hueco	3.89	1.40	0.23	Conocido	Conocido
P2	Hueco	1.83	2.00	0.02	Conocido	Conocido
P3	Hueco	1.83	2.00	0.06	Conocido	Conocido
P4	Hueco	1.83	2.00	0.02	Conocido	Conocido
P6	Hueco	2.26	2.00	0.02	Conocido	Conocido
V4	Hueco	12.89	1.04	0.35	Conocido	Conocido
V5-P5	Hueco	8.11	1.43	0.22	Conocido	Conocido
V6	Hueco	1.35	1.25	0.28	Conocido	Conocido
V7	Hueco	1.45	1.32	0.25	Conocido	Conocido
V8	Hueco	5.02	1.19	0.30	Conocido	Conocido
V9-P7	Hueco	5.88	1.54	0.18	Conocido	Conocido
V10*	Hueco	19.10	1.13	0.32	Conocido	Conocido
V11	Hueco	7.28	1.14	0.32	Conocido	Conocido

### 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

#### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	77.2	Biomasa densificada (pelets)	Estimado
<b>TOTALES</b>	Calefacción				

#### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
<b>TOTALES</b>	Refrigeración				

#### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

<b>Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)</b>	140.0
---	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	77.2	Biomasa densificada (pelets)	Estimado
<b>TOTALES</b>	ACS				

Fecha  
Ref. Catastral

04/09/2020  
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Página 3 de 7

## 6. ENERGÍAS RENOVABLES

### Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Contribuciones energéticas	-	-	83.0	-
<b>TOTAL</b>	-	-	83.0	-

Fecha  
Ref. Catastral

04/09/2020  
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Página 4 de 7

## ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D2	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
	<b>2.7 A</b>	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
		Emisiones calefacción [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	A	Emisiones ACS [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	A
		1.26		0.04	
		<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
Emisiones globales [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	Emisiones refrigeración [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	B	Emisiones iluminación [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	-	
	1.38		-		

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	1.38	374.66
Emisiones CO <sub>2</sub> por otros combustibles	1.30	353.00

### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
	<b>14.3 A</b>	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
		Energía primaria calefacción [kWh/m <sup>2</sup> año]	A	Energía primaria ACS [kWh/m <sup>2</sup> año]	A
		5.95		0.19	
		<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m <sup>2</sup> año]	Energía primaria refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> año]	C	Energía primaria iluminación [kWh/m <sup>2</sup> año]	-	
	8.15		-		

### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
<b>54.0 C</b>	<b>8.3 C</b>
Demanda de calefacción [kWh/m <sup>2</sup> año]	Demanda de refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> año]

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

Fecha 04/09/2020  
Ref. Catastral xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Página 5 de 7



# B L I B I O G R A F Í A

## ○ ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

CZAJKOWSKI, Jorge D. ; GÓMEZ, Analía Fernanda; VAGGE, Carolina; SALVETTI, María Belén; MARCILESE, Mariela Inés; DIULIO, María de la Paz y GARCÍA SANTA CRUZ, Mauro.(2012). *“Evaluación del confort higrotérmico invernal en viviendas unifamiliares del Gran La Plata mediante auditorías”*. Avances en energías renovables y medio ambiente, vol. 16, pp. 101-106. Buenos Aires, Argentina.

CZAJKOWSKI, Jorge D. ; MERRO, Daniel; GÓMEZ, Analía Fernanda; CORREDERA, Cecilia y DÍAZ, Cristian.(2007). *“Le Corbusier en la Plata. La casa y su desempeño ambiental”*. Avances en energías renovables y medio ambiente, vol. 11, pp. 05.65-05.72. Buenos Aires, Argentina.

FIGUEROA P., E. (2010). *“El álamo y los pilotis. Norma y anomalía en la casa Curutchet de Le Corbusier”*. Apuntes, vol. 23 número 1, pp. 46-55. Buenos Aires, Argentina.

MERRO JOHNSTON, Daniel. (2009). *“Le Corbusier traducido. Infidelidad creativa en el proyecto Curutchet”*. En RA. Revista de Arquitectura; Nº 11: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Navarra.

MERRO JOHNSTON, Daniel. (2012). *“La razón del cliente. Curuchet y Le Corbusier. Infidelidad creativa en el proyecto Curutchet”*. Revista de arquitectura Diagonal 31 – Análisi i crítica. Barcelona, España.

OROZCO MUÑOZ, Sebastián. 2015. *“Casa Curutchet, Análisis bioclimático”*. Escuela arquitectura y urbanismo, Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

RASPALL, Carlos ; EVANS, John Martin. (2006). *“Estudio del comportamiento térmico de la casa Curutchet. Mediciones y simulaciones”*. Centro de Investigación Hábitat y Energía, Universidad de Buenos Aires, ENTAC 2006, pp. 791-800. Florianópolis, Brasil.

VILLALOBOS ALONSO, Daniel. (2019). *“LE CORBUSIER EN LA PLATA. La casa para el doctor Curutchet y el mito funcionalista”*. Colección temas de composición arquitectónica Nº 2, Valladolid, España.

## ○ ARTÍCULOS PERIODÍSTICOS

DEJTIAR, Fabián. (2016). *"Detalles de los interiores en la Casa Curutchet, por colectivo Caminando La Plata"*. ArchDaily, Perú.

<https://www.archdaily.pe/pe/791701/detalles-de-los-interiores-en-la-casa-curutchet-por-colectivo-caminando-la-plata>

DUQUE, Karina. (2010). *"Clásicos de la arquitectura: Casa Curutchet / Le Corbusier"*. ArchDaily, Perú.

<https://www.archdaily.pe/pe/02-63754/clasicos-de-arquitectura-casa-curutchet-le-corbusier>>

GÓMEZ, Silvia. (2018). *"Obra emblemática. La Casa Curutchet, la joya de La Plata que es Patrimonio de la Humanidad"*. Periódico Clarín / Ciudades. Buenos Aires, Argentina.

[https://www.clarin.com/ciudades/casa-curutchet-joya-plata-patrimonio-humanidad\\_0\\_B1A2eySpW.html](https://www.clarin.com/ciudades/casa-curutchet-joya-plata-patrimonio-humanidad_0_B1A2eySpW.html)

MINERVINO, Mario R. (2017). *"Casa Curutchet: una obra con demasiada luz (la otra cara de la moneda)"*. Al borde de la línea. Revista nº 250. Buenos Aires, Argentina.

<http://www.oyp.com.ar/nueva/revistas/250/1.php?con=8>

TORRES CUECO, Jorge. (2011). *"Daniel Merro Johnston: El autor y el interprete. Le Corbusier y Amancio Williams en la casa Curutchet"*. Proyecto, Progreso, Arquitectura. Universidad de Sevilla. Sevilla, España.

## ○ DOCUMENTALES

GARRITANO, Bruno ; RODRÍGUEZ, Juan Matías y GIORDANO, Martín (productores); GARRITANO, Bruno (director). (2013). *"La maquina de habitar"*. (documental). Argentina: Universidad Nacional de La Plata.

## ○ FILMOGRAFÍA

COHN, Mariano; DUPRAT, Andrés; DUPRAT, Gastón y SOKOLOWICZ, Fernando (productores); TAQUINI, Graciela (directora). (2018). *"La obra secreta"*. (cinta cinematográfica). Argentina: Arco libre, Televisión abierta, INCAA.

SOKOLOWICZ, Fernando (productor); COHN, Mariano y DUPRAT, Gastón (directores). (2009). *"El hombre de al lado"*. (cinta cinematográfica). Argentina: Aleph Media.

## ○ LIBROS GENERALES

CASOY, Daniel O. (2018). *“Le Corbusier en La Plata, entrevista al Dr. Curutchet”*. Buenos Aires, Argentina. Photon Press.

CZAJKOWSKI, Jorge D. (2018). *“Construcciones sustentables y Ley Nº 13059”*. Buenos Aires, Argentina. UNLP. Facultad de arquitectura y Urbanismo.

MERRO JOHNSTON, Daniel. (2011). *“EL AUTOR Y EL INTÉRPRETE. Le Corbusier y Amancio Williams en la Casa Curutchet”*. Buenos Aires, Argentina. 1:100 Ediciones.

## ○ LIBROS TÉCNICOS

*“Criterios para los Estándares Casa Pasiva, EnerPHit y PHI Edificio de baja demanda energética”*. (2016). Darmstadt, Alemania. Passive House Institute.

*“Estrategias para edificios de energía casi nula”*. (2018). Valladolid, España. AEICE

*“Guía del estándar Passivhaus. Edificios de consumo energético casi nulo”*.(2011) Madrid, España. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.

*“Guía técnica. Condiciones climáticas exteriores de proyecto”*. (2010). Madrid, España. IDAE.

*“PAUTAS DE DISEÑO SEGÚN CLIMA para la República Argentina. ARQUITECTURA SUSTENTABLE”*.(2011) Buenos Aires, Argentina. Fichas de trabajo, Comisión de sustentabilidad capbauno.

## ○ NORMATIVA

Código técnico de la Edificación de España:

DB-HE ahorro de energía

Directiva Parlamento Europeo 2010/31/EU (19 de Mayo de 2010 )

## ○ SITIOS WEBS

<http://cte-web.iccl.es/materiales.php?a=25>

<http://ncarquitectura.com/carta-de-le-corbusier-al-dr-curutchet/>

<http://ncarquitectura.com/carta-de-le-corbusier-al-dr-curutchet/>

<http://www.aidfadu.com>

<http://www.fondationlecorbusier.fr/>

[http://www.nomads.usp.br/virus/virus12/secs/submitted/virus\\_12\\_submitted\\_9\\_en.pdf](http://www.nomads.usp.br/virus/virus12/secs/submitted/virus_12_submitted_9_en.pdf)

<https://bafilm.gba.gob.ar/locaciones/casa-curutchet/>

<https://e-eficiencia.com/nuevo-codigo-tecnico-de-edificacion-cte-que-cambios-introduce/>

<https://habitar-arq.blogspot.com/2009/01/casa-curutchet.html>

<https://lecorbusier-worldheritage.org/en/maison-du-docteur-curutchet/>

<https://www.amanciowilliams.com>

<https://www.casacurutchet.blog>

<https://www.lecorbusier-worldheritage.org/>

<https://www.tecnne.com>

<https://tecnne.com/arquitectura/casa-curutchet-memoria-descriptiva/>

<https://tecnne.com/arquitectura/casa-curutchet-relaciones-concertadas/>

<https://tecnne.com/arquitectura/la-promenade-en-casa-curutchet/>

<https://tecnne.com/casa-curutchet/casa-curutchet-relato-fotografico/>

<https://tecnne.com/casa-curutchet/correspondencia/>

<https://tecnne.com/casa-curutchet/planos-de-casa-curutchet/>

○ TESIS

CHACÓN PIÑA, Cristian M. , MERCHÁN BUSTOS, Grace C. , PINEDA GUNCAY, Katherine N. (2015). *“LE CORBUSIER: CRITERIOS PARA AFRONTAR UN PROYECTO ARQUITECTÓNICO A PARTIR DEL ANÁLISIS DEL LUGAR”* .(tesis final de grado). Universidad de Cuenca. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Cuenca, Ecuador.

MATA BOTELLA, Eleba. (2002). *“EL ANÁLISIS GRÁFICO DE LA CASA”*. ( tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Madrid, España.

MERRO JOHNSTON, Daniel. (2009). *“EL AUTOR Y EL INTÉRPRETE. Le Corbusier y Amancio Williams en la Casa Curutchet”* .(tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Madrid, España.

MUÑOZ MUÑOZ, Héctor. (2015). *“LAS VENTANAS DE LE CORBUSIER. (Del hueco al espacio)*. ( tesis final de grado). Universidad de Valencia. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia. Valencia, España.

RÚIZ REQUENA, Ignacio. (2011). *“ARQUITECTURA ADAPTADA AL CLIMA EN EL MOVIMIENTO MODERNO: Le Corbusier (1930-1960)”*. (tesis doctoral). Universidad de Alicante. Escuela Técnica Superior. Alicante, España.

ZAERA MARTÍN, Jesús Javier. (2016). *“EL ESTÁNDAR PASSIVHAUS EN CASTILLA Y LEÓN Y SU CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA”*). (trabajo fin de grado). Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Valladolid, España.

## ○ FOTOGRAFÍAS / FIGURAS

### **PORTADA:**

*Vista exterior de la Casa Curutchet (modificada)*

<https://www.lanacion.com.ar/turismo/viajes/un-tour-por-la-mejor-arquitectura-nid2275625>

### **CONTRAPORTADA:**

*Dr. Domingo Curutchet frente a su casa recién terminada (1949/50)*

[http://www.aidfadu.com/ver\\_imagen.php?id\\_imagen=14605&agregar=14605&pagina=9&volver=/resultados.php](http://www.aidfadu.com/ver_imagen.php?id_imagen=14605&agregar=14605&pagina=9&volver=/resultados.php)

*Le Corbusier observando la maqueta de la Casa Curutchet en su estudio en París (1949/50)*

[http://www.aidfadu.com/ver\\_imagen.php?id\\_imagen=14628&volver=/resultados.php&pagina=11](http://www.aidfadu.com/ver_imagen.php?id_imagen=14628&volver=/resultados.php&pagina=11)

*Perspectiva desde la calle, hecha a carboncillo. CUR 4107*

[http://www.aidfadu.com/ver\\_imagen.php?id\\_imagen=14695&volver=/resultados.php&pagina=1](http://www.aidfadu.com/ver_imagen.php?id_imagen=14695&volver=/resultados.php&pagina=1)

*Dibujo del skyline de Buenos Aires por LC (1929)*

<http://losanj.com/blog/arquitectura-2/le-corbusier-son-la-buenos-aires-moderna-19>

### **TRABAJO:**

FIGURA 1

[https://es.wikipedia.org/wiki/Le\\_Corbusier#/media/Archivo:Le\\_Corbusier\\_\(1964\).jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Le_Corbusier#/media/Archivo:Le_Corbusier_(1964).jpg)

FIGURA 2

<https://piapiablog.wordpress.com/2013/12/12/arc-para-todos-los-publicos-5-puntos-con-los-que-le-corbusier-contribuyo-a-la-arquitectura-moderna/#jp-carousel-389>

FIGURA 3

[https://wharferj.files.wordpress.com/2010/12/45\\_le-corbusier-le-modulor-dor.jpg](https://wharferj.files.wordpress.com/2010/12/45_le-corbusier-le-modulor-dor.jpg)

FIGURA 4

<https://www.metalocus.es/es/noticias/una-casa-para-la-venus-de-ebano>

**FIGURA 5**

“Précisions sur un état présent de l’architecture et de l’urbanisme”, Portada, Le Corbusier, 1930. Fuente: MERRO JOHNSTON, Daniel. (2011). “EL AUTOR Y EL INTÉRPRETE. Le Corbusier y Amancio Williams en la Casa Curutchet”(p. 17). Buenos Aires, Argentina. 1:100 Ediciones.

**FIGURA 6**

<https://tecne.com/colaboracion/la-huella-de-le-corbusier-en-argentina/>

**FIGURA 7**

<https://www.modernabuenosaires.org/proyectosurbanos/plan-director-para-buenos-aires>

**FIGURA 8**

<https://www.facebook.com/MNBAArgentina/photos/por-qué-el-doctor-pedro-domingo-curutchet-con-ideas-funcionalistas-aplicadas-al-1879961232052561/>

**FIGURA 9**

*Amancio Williams en su estudio*

Archivo Williams

**FIGURA 10**

[http://www.aidfadu.com/ver\\_imagen.php?id\\_imagen=14661&volver=/resultados.php&pagina=14](http://www.aidfadu.com/ver_imagen.php?id_imagen=14661&volver=/resultados.php&pagina=14)

**FIGURA 11**

[http://www.aidfadu.com/ver\\_imagen.php?id\\_imagen=14633&volver=/resultados.php&pagina=5](http://www.aidfadu.com/ver_imagen.php?id_imagen=14633&volver=/resultados.php&pagina=5)

**FIGURA 12**

El salón de la vivienda, habitada por la familia Curutchet en el año 1956. Foto: H. Cópola.

<http://www.revistadiagonal.com/articulos/analisi-critica/larazondelclientecurutchet-lecorbusier/#jp-carousel-3705>

**FIGURA 13**

[http://www.aidfadu.com/ver\\_imagen.php?id\\_imagen=14637&volver=/resultados.php&pagina=12](http://www.aidfadu.com/ver_imagen.php?id_imagen=14637&volver=/resultados.php&pagina=12)

**FIGURA 14**

Otra pequeña historia. Facultad de Arquitectura y Urbanismo 1953 – nueva junada. Juan Manuel Boggio Videla, Arq. P.7 1953 foto

**FIGURA 15**

<https://www.facebook.com/casacurutchetoficial/>

**FIGURA 16**

[http://www.aidfadu.com/ver\\_imagen.php?id\\_imagen=14610&volver=/resultados.php&pagina=9](http://www.aidfadu.com/ver_imagen.php?id_imagen=14610&volver=/resultados.php&pagina=9)

**FIGURAS 17 a 19**

Visor Google maps

**FIGURA 20**

CHACÓN PIÑA, Cristian M. , MERCHÁN BUSTOS, Grace C. , PINEDA GUNCAY, Katherine N. (2015). *"LE CORBUSIER: CRITERIOS PARA AFRONTAR UN PROYECTO ARQUITECTÓNICO A PARTIR DEL ANÁLISIS DEL LUGAR"* .p.142

**FIGURA 21**

Proyecto Curutchet, plano de mensura del solar, enviado por el Dr. Curutchet a LC.  
Plano 12144, 1947. Fundación Le Corbusier.

**FIGURA 22**

CHACÓN PIÑA, Cristian M. , MERCHÁN BUSTOS, Grace C. , PINEDA GUNCAY, Katherine N. (2015). *"LE CORBUSIER: CRITERIOS PARA AFRONTAR UN PROYECTO ARQUITECTÓNICO A PARTIR DEL ANÁLISIS DEL LUGAR"* .p.142

**FIGURAS 23 a 25**

<https://tecnne.com/arquitectura/la-promenade-en-casa-curutchet/>

**FIGURAS 26 a 27**

<https://tecnne.com/arquitectura/casa-curutchet-relaciones-concertadas/>

**FIGURAS 28 Y 29**

<https://fr.foursquare.com/v/casa-curutchet-le-corbusier/4c6bea6ad68a9c74a9ba636b/photos>

**FIGURAS 30 a 42**

Proyecto Curutchet (1949) . CUR 4094-2085-4096-4097-4098-4099-4100-4101-4102-4103-4104-4105-4106-4107-4099-4100-4101  
Fundación Le Corbusier

**FIGURA 43**

Estudios solares  
FLC 12140

**FIGURA 44**

Estudios solares  
FLC 12139

**FIGURA 45**

levantamiento de la medianera noreste realizado por el Dr. Curutchet a petición de LC.  
Plano FLC 12147, 1949. FLC

FIGURAS 46 a 49

Proyecto Curutchet, recomposición de la totalidad por Amancio Williams, 1950.  
Plantas baja y dormitorios definitivas Planos “LC CUR 1292” 32101 y “LC CUR 1294”  
32102. Escala 1:20  
Sección longitudinal A-A . Plano “LC CUR 296” 32603 escala 1:20 Archivo Williams  
Archivo Williams

FIGURA 49

Planta baja con las medianeras existentes.

MERRO JOHNSTON, Daniel. (2009). *“EL AUTOR Y EL INTÉRPRETE. Le Corbusier y Amancio Williams en la Casa Curutchet”* p 133

FIGURAS 50 a 54

Planos modificados

CHACÓN PIÑA, Cristian M. , MERCHÁN BUSTOS, Grace C. , PINEDA GUNCAY, Katherine N. (2015). *“LE CORBUSIER: CRITERIOS PARA AFRONTAR UN PROYECTO ARQUITECTÓNICO A PARTIR DEL ANÁLISIS DEL LUGAR”* .pp. 181-193

FIGURA 55 a 57

Tablas

CTE-DB-HE1 (2019)

FIGURA 58

CASOY, Daniel O. (2018). *“Le Corbusier en La Plata, entrevista al Dr. Curutchet”* pp166

FIGURAS 65 Y 66

*“PAUTAS DE DISEÑO SEGÚN CLIMA para la República Argentina. ARQUITECTURA SUSTENTABLE”* pp. 1

FIGURA 67

Climograma de bienestar de Givoni (CBA) de La Plata

FIGURA 68

Zonas monitorizadas según descripción del autor ( Evans,2007,p172)

RUÍZ REQUENA, Ignacio. (2011). *“ARQUITECTURA ADAPTADA AL CLIMA EN EL MOVIMIENTO MODERNO: Le Corbusier (1930-1960)”*. pp155

FIGURAS 69 Y 70

Simulación térmica en semana tipo de verano y en semana punta de invierno

RUÍZ REQUENA, Ignacio. (2011). *“ARQUITECTURA ADAPTADA AL CLIMA EN EL MOVIMIENTO MODERNO: Le Corbusier (1930-1960)”*. pp160

FIGURAS 71 a 74

71 Consulta. Movimiento del aire en invierno con ventanas cerradas.

72 Vivienda. Movimiento del aire en invierno con ventanas cerradas

73 Consulta. Ventilación cruzada en verano.

74 Vivienda. Ventilación cruzada en verano.

RUIZ REQUENA, Ignacio. (2011). *“ARQUITECTURA ADAPTADA AL CLIMA EN EL MOVIMIENTO MODERNO: Le Corbusier (1930-1960)”*. pp166

FIGURAS 75 a 83

OROZCO MUÑOZ, Sebastián. 2015. *“Casa Curutchet, Análisis bioclimático”*. Escuela arquitectura y urbanismo, Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

FIGURAS 84 y 85

Habitación planta segunda salón. Lamas cerradas.

Pablo Reynoso, 2011

FIGURA 86

Vista del álamo de hoja caduca.

Olivier Martin-Gambier

FIGURA 87

Esquema de instalaciones

MERRO JOHNSTON, Daniel. (2009). *“EL AUTOR Y EL INTÉRPRETE. Le Corbusier y Amancio Williams en la Casa Curutchet”* p 184

FIGURAS 88 a 91

Vista del contador de gas natural (actual).

Vista de la zona destinada a la caldera y secado de ropa.

Vista del radiador de zócalo en el consultorio.

Vista de la cocina, destacando la puerta de acceso al patinillo de instalaciones

Visita virtual Casa Curutchet:

<https://www.transported.co/casa-curutchet-le-corbusier-la-plata-buenos-aires-1900/t/mQ5z-anL>

FIGURA 91

Sistema para el secado de la ropa

[http://www.aidfadu.com/ver\\_imagen.php?id\\_imagen=9455&volver=/resultados.php&pagina=15](http://www.aidfadu.com/ver_imagen.php?id_imagen=9455&volver=/resultados.php&pagina=15)

FIGURA 92

Vista exterior casa Curutchet

Google Images

FIGURA 93

Tabla climática Cadiz

IDAE

FIGURA 94

Edificios de energía cero del proyecto *Beddington Zero Energy Development (BedZED)* en Sutton (Londres, Reino Unido).

[Google Images](#)

FIGURA 95

Las #29Soto, primer edificio Passivhaus en España.

<http://varquitectos.com/residencial/>

FIGURAS 96 Y 97

Carpinterías de madera

[http://ribamassanell.com/ventanas/?gclid=Cj0KCQjwhb36BRCfARIsAKcXh6F3OYn1bbS wCv1cQBOilqEv1E4u8\\_5s\\_7R8z9fA5At\\_fNbor6dyCQsaAiWrEALw\\_wcB#mg](http://ribamassanell.com/ventanas/?gclid=Cj0KCQjwhb36BRCfARIsAKcXh6F3OYn1bbS wCv1cQBOilqEv1E4u8_5s_7R8z9fA5At_fNbor6dyCQsaAiWrEALw_wcB#mg)

FIGURA 98

Instalación trasdosado con aislamiento de tipo reflectivo.

<https://www.albatrosconstruccion.com/aislamiento-termico-interior-n-74-es>

FIGURA 99

Ejemplo de sistema SATE

[https://www.grupopuma.com/uploads/adjuntos/cd97b-es\\_soluciones-constructivas-para-aislamiento-termico-exterior-\(sate\)\\_02\\_15.pdf](https://www.grupopuma.com/uploads/adjuntos/cd97b-es_soluciones-constructivas-para-aislamiento-termico-exterior-(sate)_02_15.pdf)

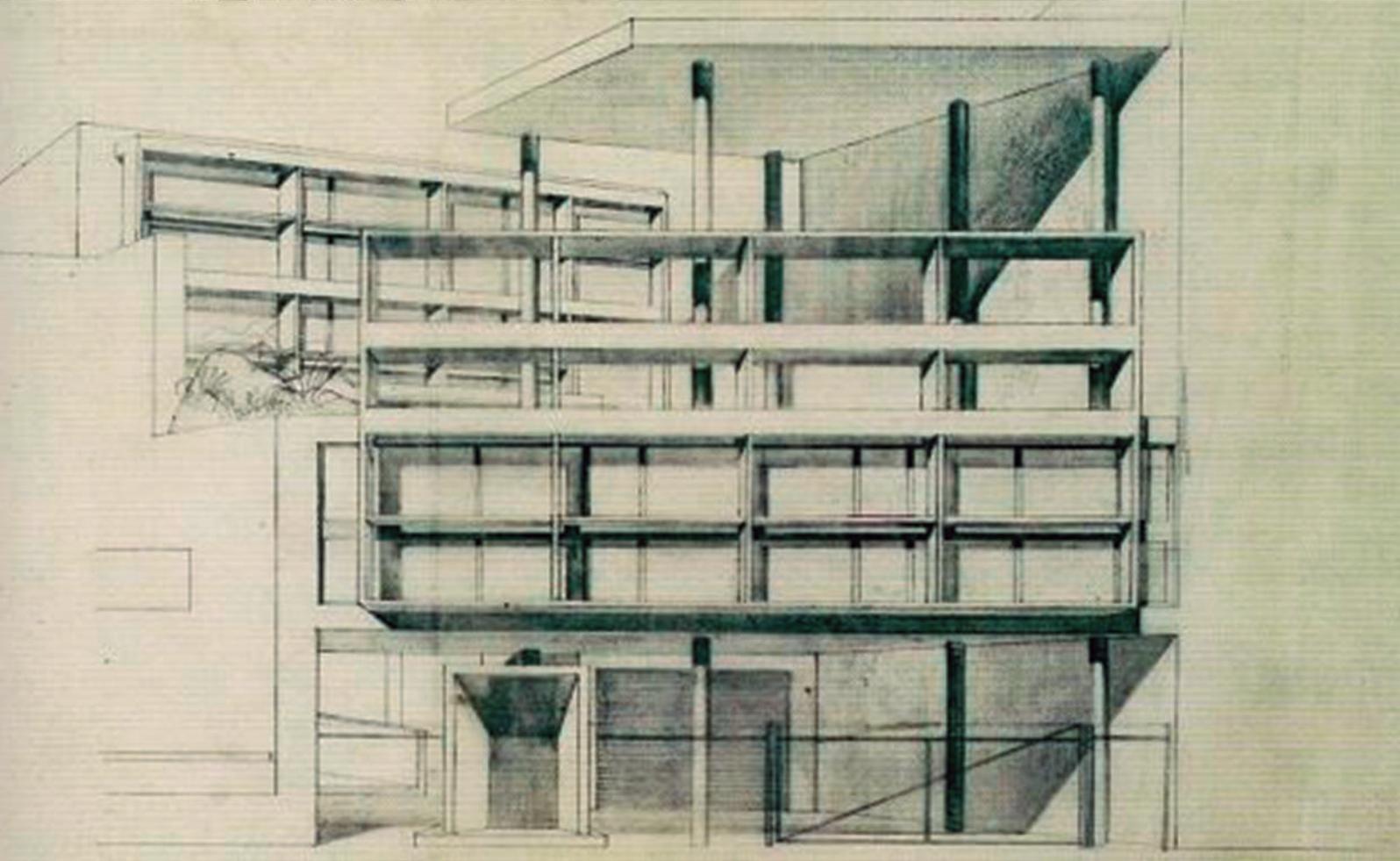
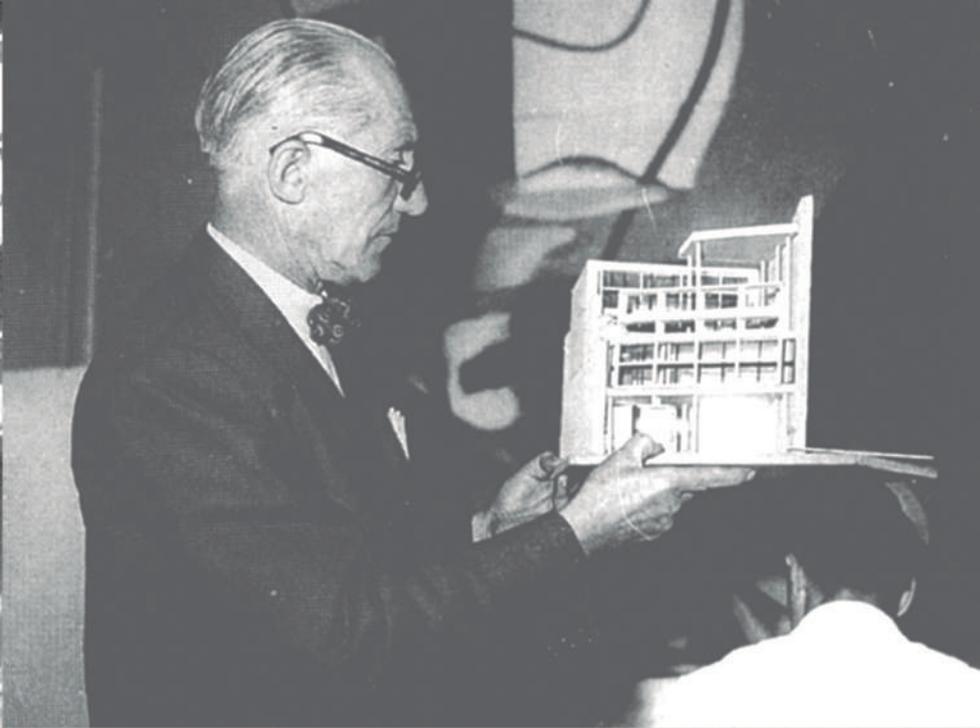
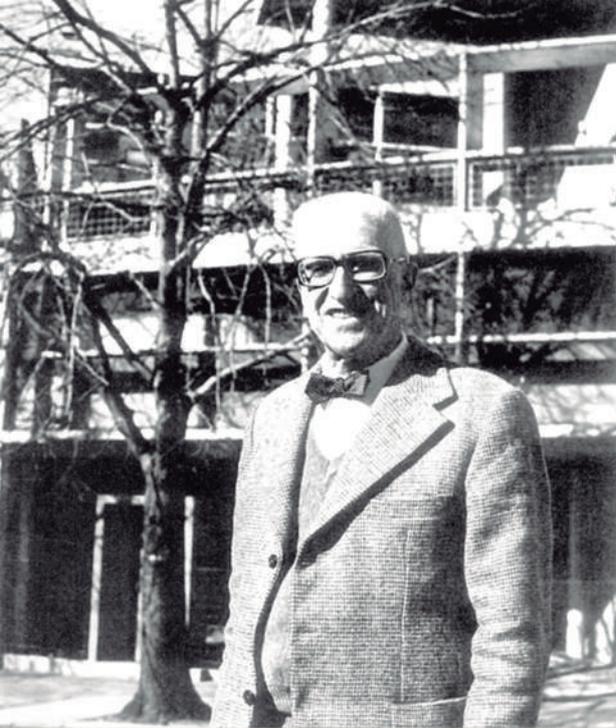
98

Instalación con Biomasa y acumulación

<https://www.ecodist.es/instalaciones-biomasa/?acc=instalacion-biomasa&id=80>







Universidad de Valladolid

