

Rehabilitación energética de la masía catalana en L'Empordà

Basado en certificado EnerPHit

Autora: Inés Maristany Brendle
Profesor: Roger Señís López
Trabajo de Fin de Grado
Grau en Estudis d'Arquitectura
Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya
Curso académico 2021-2022



Resumen:

“La masía es una explotación agraria que está formada por la casa y por las tierras de conreo, bosques y pasturas que la envuelven. La masía es el resultado de una evolución histórica y para entenderla se han de conocer sus orígenes.” (Pitarch Barrachina & Palomino Ramirez, 219)

En este trabajo de investigación se realizará un análisis con el fin de recoger la historia, tipologías, materiales y diferentes técnicas constructivas tradicionales que caracterizan a la masía catalana, ubicada en la costa brava de Catalunya en España. Se enfatizará sobre como este tipo de construcción debe adaptarse a las necesidades que se han ido generando a través del tiempo, concretamente a través de un estudio de viabilidad de materiales sostenibles de aislamiento.

Según la historia de la masía, originalmente surgió bajo la necesidad de crear una casa de labor y poder utilizarla dentro de una finca agrícola y ganadera. Esta morfología de construcción está adaptada a un tipo de necesidades donde se debía incluir el ganado como parte de la vivienda.

En la actualidad estas construcciones se utilizan con fines turísticos o residenciales y han resaltado en esta época de post pandemia, ya que representan una manera diferente de acercarse y percibir la naturaleza. El objetivo consiste en adaptar y modernizar la masía con las nuevas tecnologías, y así generar una rehabilitación sostenible dentro de estos espacios.

Tras el previo estudio térmico realizado, se hará una comparación entre dos materiales novedosos que encontramos en el mercado actualmente, conocidos como Ytong y Poroton los cuales son materiales altamente sostenibles y una solución ecológica frente a los aislamientos convencionales. Cuyo objetivo es poder conseguir mediante la implementación de algún sistema de materiales en su cerramiento, el confort térmico.

Esta investigación es una primera aproximación hacia el diseño y creación de masías autosuficientes, y dar una vuelta a sus orígenes estudiando los materiales modernos de aislamiento térmico que se pueden adaptar a su necesidad, con el fin

de que este confort térmico permita el uso continuo del patrimonio histórico de Catalunya debido a la conservación de su esencia a través de los años.

Finalmente se estudiará la posibilidad de generar la demanda i consumo energético de una masía tipo con la colocación de placas solares y su respectivo sistema de almacenamiento de energía.

La conclusión mas significativa es que las distintas soluciones propuestas, aun siendo tecnológicamente novedosas, consiguen recuperar la esencia de la construcción tradicional de masía catalana; aprovechar los recursos del entorno inmediato, que al fin y al cabo es un objetivo indispensable de la arquitectura sostenible y autosuficiente.

Palabras clave: Masía, Confort térmico, Sostenibilidad, Rehabilitación, EnerPHit, Passivhaus.

Abstract:

“The farmhouse is an agricultural exploitation that is made up of the house and the farmland, forests and pastures that surround it. The farmhouse is the result of a historical evolution and to understand it, its origins must be known.” (Pitarch Barrachina & Palomino Ramirez, 219)

In this research work, an analysis will be carried out in order to collect the history, typologies, materials and different traditional construction techniques that characterize the Catalan farmhouse, located on the Costa Brava of Catalonia in Spain, and how this type of construction must be adapted. to the needs that have been generated over time, in order to create a comfortable environment within this heritage architecture, with the implementation of a feasibility study and amortization of sustainable insulation materials, where one of the possible answers is the implementation of Poroton and Ytong.

According to its history, it originally arose from the need to create a farmhouse and be able to use it within an agricultural and livestock farm. This construction morphology is adapted to a type of needs where livestock should be included as part of the house.

Currently these constructions are used for tourist or residential purposes and have stood out in this post-pandemic era, since they represent a different way of approaching and perceiving nature. In this work, the necessary information will be collected so that these farmhouses provide thermal comfort inside. The objective is to adapt and modernize it with new technologies, and thus generate a sustainable rehabilitation within these spaces.

After the previous thermal study carried out, a comparison will be made between two new materials that we currently find on the market, known as Ytong and Poroton, which are highly sustainable materials and an ecological solution compared to conventional insulation. Whose objective is to be able to achieve thermal comfort through the implementation of some system of materials in its enclosure.

This research is a first approximation towards the design and creation of self-sufficient farmhouses, and to go back to their origins by studying modern materials that can be adapted to their needs, so that this thermal comfort allows the continuous use of the historical heritage of Catalonia due to the conservation of its essence through the years.

Finally, it the possibility of generating the energy demand and consumption of a typical farmhouse with the placement of solar panels and their respective energy storage system will be studied.

The most significant conclusión is that the different solutions proposed, even being technologically innovative, manage to recover the essence of the construction of Catalan farmhouses; to take advantage of the resources of the immediate enviroment, which after al lis the main goa lof sustainable and self. Sufficient architecture.

Key words: masia Thermal comfort, Sustainability, Rehabilitation, EnerPHit, Passivhaus.

Tabla de contenido

Introducción..... 11

Justificación de la temática escogida.....	11
Encaje en los estudios.....	12
Objetivos principales.....	13
Metodología.....	13

Marco teórico..... 14

Introducción hacia la masía catalana:.....	14
La masía catalana:.....	17
Arquitectura de las masías:.....	17
Tipologías de masías:.....	18
Técnicas constructivas en las masías:.....	26
Materiales:.....	27
Introducción hacia la casa pasiva.....	32
Normativa.....	32
Nearly-Zero Energy Buildings (nZEB).....	35
La arquitectura pasiva.....	36
El estándar Passivhaus.....	44
El estándar Enerphit.....	44

EnerPHit como método de investigación de la masía catalana 46

Factores que afectan el confort de la masía.....	48
Distribución de los espacios.....	49
Inercia y aislamientos térmicos.....	50
Orientación y protección solar.....	51
Catalogación de masías y potencial de propuesta rehabilitación energética:	53
Nuevos materiales de aislamiento.....	54
Termo arcilla. Poroton.....	54
Hormigón celular Ytong.....	56

Caso de estudio Molí d'en Coll	58
Intervención energética.	61
Aislamiento Poroton:.....	61
Aislamiento Ytong.....	63
Costes.....	64
Placas solares:	65
Conclusiones.....	73
Bibliografía.....	75

Tabla de Figuras

Figura 1. Conformación de una masía en sus inicios, Patxot, R. Estudi de la masía.	16
Figura 2. Clasificación de las masías según J. Danés, "la masía catalana, evolución, arquitectura y restauración".....	20
Figura 3. Clasificación de las masías II según J. Danés, "la masía catalana, evolución, arquitectura y restauración".....	21
Figura 4. Clasificación de las masías figura 3 según J. Danés, "la masía catalana, evolución, arquitectura y restauración".....	21
Figura 5. Conformación de una Masía Horizontal. Cortes, A. M. Propuesta de intervención para la rehabilitación de la masía.....	23
Figura 6. Mas de dos cuerpos ejemplo. Cortes, A. M. Propuesta de intervención para la rehabilitación de la masía.....	25
Figura 7. Ejemplo Más de tres cuerpos. Cortes, A. M. Propuesta de intervención para la rehabilitación de la masía.....	26
Figura 8. Técnica constructiva vista en corte de una Masía. Elaboración propia.	27
Figura 9. Tipos de bóvedas. Elaboración propia.....	28
Figura 10. Tipos de bóvedas y arcos. Elaboración propia.....	29
Figura 11. Esquema vigas de madera y su disposición. Elaboración propia.....	30
Figura 12. La pirámide de la sostenibilidad normalizada aplicada a la construcción. M. Wassouf, " De la casa pasiva al estándar Passivhaus".....	32
Figura 13. Esquema de un estándar de construcción. M. Wassouf, " De la casa pasiva al estándar Passivhaus".....	34
Figura 14. Bott, Ridder y Westermeyer. Primer edificio construido según estándar Passivhaus. M. Wassouf, " De la casa pasiva al estándar Passivhaus".....	35
Figura 15. Relación entre los diferentes conceptos de energía en un edificio. M. Wassouf, " De la casa pasiva al estándar Passivhaus".....	36
Figura 16. Orientación del edificio. M. Wassouf, " De la casa pasiva al estándar Passivhaus".....	37
Figura 17. Compacidad del edificio. M. Wassouf, " De la casa pasiva al estándar Passivhaus".....	38

Figura 18. Protección solar. M. Wassouf, “ De la casa pasiva al estándar Passivhaus”.....	38
Figura 19. Aislamiento térmico. M. Wassouf, “ De la casa pasiva al estándar Passivhaus”.....	39
Figura 20. Inercia térmica. M. Wassouf, “ De la casa pasiva al estándar Passivhaus”	40
Figura 21. Amortecimiento térmico. M. Wassouf, “ De la casa pasiva al estándar Passivhaus”.....	41
Figura 22. Puentes térmicos. M. Wassouf, “ De la casa pasiva al estándar Passivhaus”.....	41
Figura 23. Envoltura térmica semitransparente. M. Wassouf, “ De la casa pasiva al estándar Passivhaus” .	42
Figura 24. Hermeticidad al paso del Aire. M. Wassouf, “ De la casa pasiva al estándar Passivhaus”.....	43
Figura 25. Ventilación. M. Wassouf, “ De la casa pasiva al estándar Passivhaus”	43
Figura 26. Tabla de criterios por el método de componentes individuales del edificio. Proporcionado por el PHI.	45
Figura 27. Tabla de criterios generales EnerPHit. Proporcionado por el PHI.....	45
Figura 28. Tabla de criterios del método de demanda energética (calefacción). Proporcionado por el PHI.	46
Figura 29. Vista general Molí d'en Coll. Elaboración propia	47
Figura 30. Implantación masía Moli d'en Coll. Elaboración propia	48
Figura 31. . Distribución primera planta de la masía. Elaboración propia.....	49
Figura 32. Fachada principal de la masía. Elaboración propia.....	52
Figura 33. .Densidad de masías en Catalunya. Extraído del artículo mencionado. AMB Area metropolitana de Barcelona . PE del Catalogo de masias, casas rurales y otras edificaciones.....	53
Figura 34. Tipologías de bloque poroton. Onhaus, https://www.onhaus.es/bloque-ceramico-poroton-mw/	55

Figura 35. Características de bloque Poroton-T7-MW. Weinerberger, Building material solutions.	56
Figura 36. Bloque de hormigón celular Ytong. https://www.ytong.es/	56
Figura 37. Valor de λ útil certificado. https://www.ytong.es/	57
Figura 38. Aislamiento térmico y la conductividad del material . https://www.ytong.es/	58
Figura 39. Emplazamiento Moli d'en Coll. Elaboración propia	59
Figura 40. Alzados Molí d'en Coll. Elaboración propia	60
Figura 41. Tabla de criterios por el método de componentes individuales del edificio. Proporcionado por el PHI.	61
Figura 42. Implementación de aislamiento poroton, Programa PHPP	62
Figura 43. Sistema aislamiento Ytong. https://www.ytong.es/	63
Figura 44. Implementación de aislamiento Ytong. Programa PHPP	63
Figura 45. Precio m ² de aislamiento de sistema Ytong.....	64
Figura 46. Sistema baterías extraíbles Silence. www.silence.eco	67
Figura 47. Sistema batería camper Silence. www.silence.eco	68
Figura 48. Sistema "Silence Home". www.silence.eco	68
Figura 49. Consumo y generación paneles solares. www.silence.eco	69
Figura 50. Esquema funcionamiento placa-batería. Elaboración propia	70
Figura 51. Precios de implementación de placas solares periodo 2021-2022.....	71
Figura 52. Posible colocación placas solares Molí d'en Coll. Elaboración propia.	72

Introducción

Justificación de la temática escogida

Una de las principales elecciones para escoger la temática de esta investigación se debe a un interés particular que surge con el fin de rehabilitar una masía catalana de propiedad familiar, esta se encuentra situada en Baix Empordà, concretamente ubicada en el municipio de Regencós.

Para esto estudiaré la historia y surgimiento de las masías dentro del contexto de Catalunya, con el fin de lograr una focalización en la investigación de la rehabilitación en el ámbito térmico de este tipo de construcciones, bajo los criterios de Passivhaus especializándome concretamente en el certificado EnerPHit.

“En el siglo X la palabra masía ya empieza aparecer en los documentos catalanes. Las primeras masías estaban formadas por simples casas de campesinos en las cuales vivía una sola familia. En el siglo XI, y especialmente en los siglos XII y XIII, las masías se multiplican. Empiezan a combinar la agricultura con la actividad ganadera. A la primera mitad del siglo XIV las masías empiezan a ser descritas con precisión. Eran casas habitadas donde se contaba con lo necesario. Según su disposición arquitectónica se deduce la existencia de una zona de almacén, otra de dormitorio y una última de cocina y comedor. A veces, los establos se incluían en el interior de la casa.” (Pitarch Barrachina & Palomino Ramirez, 219).

Aunque las masías forman parte del patrimonio histórico de la región, las necesidades han ido cambiando y actualmente una de las mayores problemáticas que se presentan en este tipo de construcción, es que no cuentan con un confort térmico adecuado. Por eso el principal objetivo de este trabajo es recopilar información acerca de cómo hacer que este tipo de vivienda responda a las necesidades actuales, y a su vez que esta adaptación logre minimizar su consumo energético.

Uno de los avances más significativos que encontramos en las construcciones actuales vs las tradicionales, es el grosor de los muros con los que antes se elaboraban las masías, es por eso que esta investigación se enfoca en comparar

dos materiales que actualmente pueden ofrecernos el confort térmico en la masía, los cuales son el Poroton y Ytong.

Encaje en los estudios

Como ya se ha explicado mi curiosidad por este tipo de construcciones se debe no solo al contexto familiar que me rodea, si no a la gran historia que representa para el país una arquitectura tan significativa con sus masías.

Este tipo de construcciones de patrimonio cultural son un elemento intangible que trasciende a través del tiempo.

Al tener el privilegio de contar con una, es más que necesario buscar la manera de generar que estas masías sean del todo habitables para que la generación que actualmente la vive, pueda llegar a conseguir confort.

Esta temática se adentra en la rama de la historia, y más concretamente en la adaptación de las construcciones antiguas a las necesidades actuales.

A lo largo de la investigación pretendo recopilar la información necesaria para ofrecer un confort térmico dentro de este tipo de espacio, y buscar cual es la mejor alternativa para este fin. Ya sea mediante algún tipo de aislamiento, con la implementación de algún revestimiento o por medio de la incorporación de placas solares, con el fin de mejorar las condiciones de habitabilidad dentro del lugar.

Objetivos principales

El objetivo de este trabajo es analizar la construcción típica de una masía tradicional catalana, con el fin de hacer una rehabilitación energética en el lugar centrada principalmente en el aislamiento térmico, que pueda llegar a ser adaptable a todas las masías que contengan el mismo sistema constructivo para conseguir un certificado EnerPHit.

Donde se investigará una posible relación entre los materiales nuevos y como estos se pueden adaptar a un contexto ya existente, resaltando así la monumentalidad de la construcción tradicional, y generar un referente que permita recalcar la importancia de adaptar el patrimonio histórico a las necesidades actuales sin llegar a afectar su carácter, con el objetivo de mantener intacta su esencia.

Metodología

Este trabajo inicia elaborando una investigación acerca de las técnicas constructivas que se utilizaron para elaborar las masías catalanas, seguido de cómo se puede adaptar a las necesidades actuales por medio de la implementación de rehabilitaciones sostenible y autosuficiente, analizando y comparando los materiales Poroton y Ytong con el fin de determinar cuál responde de mejor manera a los requerimientos.

Todo esto se desarrolla bajo el contexto de las pautas impartidas por el certificado Passivhaus, que concretamente al tratarse de una certificación ya construida y existente se relaciona directamente con las certificaciones Enerphit. Tras la investigación inicial acerca del sistema constructivo de este tipo de construcciones y el certificado Enerphit, se propone la implementación de las técnicas aprendidas en la masía , Molí d'en Coll con el fin de estudiarla e implementarla para esta investigación. Incluyendo la posibilidad del uso de paneles fotovoltaicos y almacenamiento de energía para reducir el consumo energético.

Marco teórico

Introducción hacia la masía catalana:

“La masía es el edificio más representativo en el ámbito de la arquitectura rural catalana. Está destinado al uso de vivienda y sobre todo en tiempos pretéritos parte de ella estaba destinada a la estabulación de los animales.” (Vila, 2019), este tipo de arquitectura muy pragmática fue construida por sus propietarios, fruto de las necesidades de esa época, donde la vinculación con la naturaleza era esencial para ellos, es por ello que las masías tienen una relación tan directa con su entorno.

Tal y como se ha mencionado anteriormente se veía rodeada de otras edificaciones que complementaban su uso ganadero y agrícola de la región.

La palabra masía empieza a tomar relevancia desde el siglo X, tiene sus orígenes en el tiempo de Roma imperial. Se puede considerar la “Vila” como la progenitora de esta. Debido a la seguridad que se presentaba en estas áreas rurales, hasta finales de la Edad Media no se estabilizaba la vida formalmente en las masías. Los “serfs” o paveses, eran quien en ese entonces cuidaban las tierras y estos dependían del pago que se les diera por estas labores incluso llegando a pagar abusivos impuestos.

En el siglo XV se decreta la emancipación de los paveses, pero no es hasta finales del siglo XVI cuando desaparece la organización feudal y los Masoveros pueden empezar a trabajar su tierra y construir su propia vivienda, es lo que conocemos hoy en día como masía.

“La masía forma parte del mas, una unidad donde se cultivan productos de “seca”, se criaba a los animales y se transformaban primeras materias como el vino o el aceite. En el siglo XIX aparece la figura que se conoce como heredero, cuya principal función es mejorar y conservar el patrimonio, esto da esplendor a la masía y al campo.” (Estrada, y otros, 2018)

Los cambios en la morfología de la masía han sido lentos, a lo largo de los siglos se van adquiriendo, según la época, cada uno de los elementos arquitectónicos que

hoy en día la distinguen, por ejemplo, en la Edad Media predominaban masías de planta cuadrada las cuales contaban con dos pisos y golfas, en el siglo X aparecen ventanas estrechas de tipo románico que se dividen por columnas, hacia el siglo XII aparecen las torres con el objetivo de generar una protección militar y vigilancia. Para finales del siglo XVII el arte gótico empezó a aparecer en este tipo de construcciones, el arte barroco y neoclásico no lograron influir, los únicos elementos que se les puede atribuir son los relojes de sol. Finalmente, la época de esplendor surgió a principios del siglo XVIII pues fue donde se desarrolló más arquitectónicamente.

La masía empieza a tener trascendencia dentro de la historia catalana. Las primeras construcciones de este tipo estaban conformadas por simples casas de tipo campesina en las cuales solía vivir una familia. “En los siglos XI, y especialmente en los siglos XII y XIII, las masías se multiplican. Empiezan a combinar la agricultura con la actividad ganadera. A la primera mitad del siglo XIV las masías empiezan a ser descritas con precisión. Eran casas contaban con una zona de almacén, otra de dormitorio y una última de cocina y comedor. A veces, los establos se incluían en el interior de la casa. Durante el siglo XIV y XV se produjeron una serie de catástrofes y desgracias: sequías, hambre, pestes, terremotos, etc. Este hecho desestabilizó el campo al quedar muchas masías abandonadas por las muertes y la inmigración a la ciudad. Este hecho hizo disminuir los ingresos de los señores, por lo que se empiezan a dar más servidumbres a los campesinos.” (Guifre Dalmau & Moreno Garcia , 2012)

La consolidación de los derechos de los campesinos se da en los siglos XVI-XVIII, los señores feudales que predominaban en las tierras dieron libertad a los campesinos este acontecimiento permitió que esta población reafirmara su posición económica y social. El resultado de ello es la ampliación de las masías con el fin de acoger nuevas funciones en su interior. Desde este punto se empieza a consolidar el estándar de tipo arquitectónico que se conoce actualmente como masía Durante el siglo XIX, se realizó un avance importante debido a la época industrial, posteriormente se presentó una crisis alrededor de todo el país que generó que las

tierras colindantes a las masías no se aprovecharan. Después de esta época, a mediados de siglo se inicia una despoblación del campo, lo que significó que la mayoría de la población empezó a dirigirse a los grandes centros urbanos. Y ya en los últimos años se produce una desaparición de este tipo de construcciones cuando se abandona el cultivo. Pero al mismo tiempo a las masías ya conformadas se les empieza a dar unas nuevas perspectivas de uso como turismo rural o lugar de vacaciones.

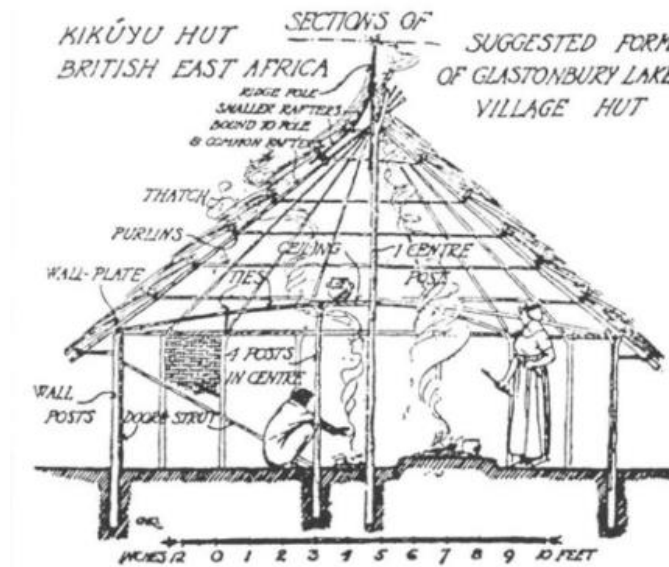


Figura 1. Conformación de una masía en sus inicios, Patxot, R. Estudi de la masía.

La época de máximo esplendor de la masía fue durante la industrialización, aproximadamente en el siglo XVII, las masías albergaban hasta 4 generaciones de núcleos familiares, donde la vida era distinta según la época. En la época de verano con elevadas temperaturas, el día era marcado por la luz del sol. Los “payeses” se pasaban el día trabajando en el campo mientras que los niños y las amas de casa solo permanecían en el interior del hogar.

En los meses fríos, con temperaturas bajas, la vida rural transcurría en el interior de la masía donde pasaban el tiempo fabricando y reparando diversos tipos de utensilios del campo. La cocina era sin duda el espacio de reunión junto con la sala principal donde se realizan juntas de un carácter más serio.

“Se hace pues necesario aceptar el papel fundamental del estudio tipológico en cualquier trabajo o análisis sobre la masía, entendiendo aquí la tipología como una estructura profunda que organiza el resultado arquitectónico y que consiste esencialmente en una clasificación tal, que sabe reducir la multiforme y siempre diversa realidad fenoménica, a un inventario posiblemente finito y lógico, históricamente concreto, de rasgos distintivos mínimos” (Rossi, 2018)

La masía catalana:

La masía de origen catalán originalmente está formada, dentro de las partes del conjunto, por el “Mas”, Un territorio conformado principalmente por explotación agrícola y ganadera, donde este tipo de construcciones se localizaban en contextos mayormente rurales.

La masía no la podemos entender como independiente, ya que forma parte del conjunto paisajístico del lugar, junto con su historia y ambiente que la rodea esto derivaba a que se fuera modificando a medida que el conjunto así lo requería. En el caso concreto del estudio, Molí d'en Coll, ubicado en el Empordà, las masías de este lugar contaban con unas grandes extensiones de terreno colindante y de campo cultivado a su alrededor, ya que el paisaje rural del Baix Empordà se caracteriza por ser suave, y llano.

La implantación de las masías se realizaba en la parte más elevada del lugar, con el fin de poder controlar desde este punto el resto de las piezas que conformaban este gran conjunto, evitando así problemas derivados de la humedad, y generando una mayor captación solar.

Arquitectura de las masías:

La arquitectura de las masías tal y como hemos comentado está muy ligado al entorno y de este dependen sus características constructivas y su conformación, donde como ya se ha explicado sus diferentes tipologías surgen del entorno y las necesidades que se requiera.

Las distribuciones de estas construcciones tienen en cuenta diversos factores, por ejemplo, el ganado estaba ubicado en la primera planta, para que las plantas

superiores se lograsen calentar con el calor generado por estos. La masía como tipología consta de dos plantas casi siempre, donde en algunos casos se añade una tercera planta en forma de buhardilla. En un inicio la masía se caracterizaba por ser un volumen que cuenta con dos crujías, pero con el paso del tiempo se han añadido arquetipos que corresponden a las necesidades que se ha generado en el lugar, y ha acabado por contar con tres crujías.

Fijándonos más concretamente en la cubierta, excepto en las construcciones de tipo sencillo, generalmente las masías estaban conformadas por cubiertas a dos aguas donde la cumbrera trazaba una línea perpendicular a la fachada principal, orientada desde el sur. Como se conoce hoy en día, la cubierta no destaca por su capacidad aislante pues originariamente era un espacio destinado al almacenamiento y secado de la cosecha, y al transcurrir el tiempo estos espacios se han habilitado y cerrado.

Tipologías de masías:

Primeros estudios sobre la masía:

La masía empieza a tomar relevancia alrededor de 1023, cuando se iniciaron los primeros estudios referentes a este tipo de construcciones, donde el autor (Patxot, 2012) “analizo no solo la arquitectura si no los aspectos de tipo etnológicos y jurídicos que se desarrollaban en ella.”, donde estos estudios fueron continuados por arquitectos como Puig i Cadafalch, Josep Danés Torre entre otros, donde la mayoría de ellos formaban parte del centro excursionista de Cataluña, esta primera aproximación que se realizo fue con un carácter estético y vocacional y no tanto con el fin de registrar de manera sistemática las diferentes masías que se iban realizando, y con el fin de dejar constancia se realizaban diferentes fotografías y dibujos de estas.

En la conocida exposición realizada por el “Instituto agrícola catalán de san isidro en el año 1933” aparecen los primeros esquemas de Danés referente a las masías, donde se nos mostraba un primer acercamiento a la morfología de la masía donde se determinó que esta contaba con tres cuerpos que convergían en una sala central y a esto se le conocía como su “estructura clásica”, donde se representa aspectos externos formales con las cubiertas y galerías añadidas.

Desde un punto de vista arquitectónico, la masía se nos presenta con una gran variedad de elementos arquitectónicos, por lo cual se constata que entre ellas es muy difícil encontrar similitudes ya que no siguen un patrón en concreto.

Como ya lo hemos dicho antes es inevitable no mencionar la influencia arquitectónica que tuvieron las masías desde el mundo romano, como permanencia de sus villas rurales que, hasta la invasión visigoda, lograron poblar buena parte de Catalunya.

Esta idea que aún es aceptada por varios autores, se basa en dos causas esenciales: en primer lugar “la autoridad indiscutida de J. Puig i Cadafalch que, a raíz de la aparición de los famosos mosaicos romanos de Centelles y Tabarca , y sobre todo de la voluntad de encontrar un "arte nacional catalán" sin influencias foráneas inmediatas, encuentra en la casa catalana y en su supuesta raíz romana, el paradigma de dicho arte” (Estrada, y otros, 2018) y sobre todo la voluntad de poder encontrar el tal llamado “ arte nacional catalán” sin influencias foráneas de tipo inmediata, donde la casa catalana y su raíz romana, representan el paradigma de dicho arte.

Aunque a lo largo del estudio de la masía, se han realizado algunos intentos para poder proceder con su clasificación, una de ellas y la más conocida fue elaborada por “Los elementos más significativos a la hora de adquirir un aspecto tipológico u otra deriva de su composición volumétrica, es decir de la disposición de las vertientes de cubierta, los acabados y composición de la fachada principal o anexión de algún elemento arquitectónico como una torre. Existen siete tipos distintos según clasificación caracterizada por los factores mencionados, esta división es la siguiente: masías pequeñas o de alta montaña, masías medianas o comunas, masías grandes o casas pairales, masías con torre, masías basilicales, masías de viña y masías coloniales.” (Vila, 2019)

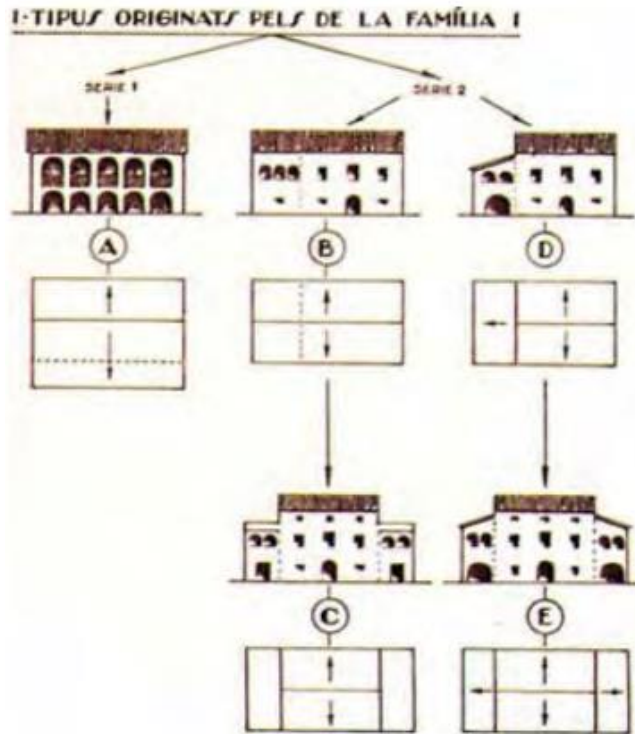


Figura 2. Clasificación de las masías según J. Danés, "la masía catalana, evolución, arquitectura y restauración".

- Familia 1: “se caracteriza por tener la cubierta con las vertientes encaradas hacia las fachadas principales. Este tipo de grupo se corresponde normalmente a las masías más antiguas surgidas de una evolución continuada a partir de un primer cuerpo de dimensiones reducidas. Este primer núcleo se construye alrededor del siglo XIV y XV, el cual podía tener diferentes plantas.” (Rey, 2018), donde la primera planta contaba con pocas aberturas y esta era destinada para el ganado. Y usualmente esta misma planta era por la que se debía acceder a través de una escalera que se encontraba en el exterior, esta era usualmente elaborada en piedra con una influencia románica donde se entraba a una sola estancia en la cual había usualmente, fregadero, chimenea etc. Algunas de ellas contaban con un tercer nivel cuyo tamaño era más pequeñas donde se localizaba el dormitorio.

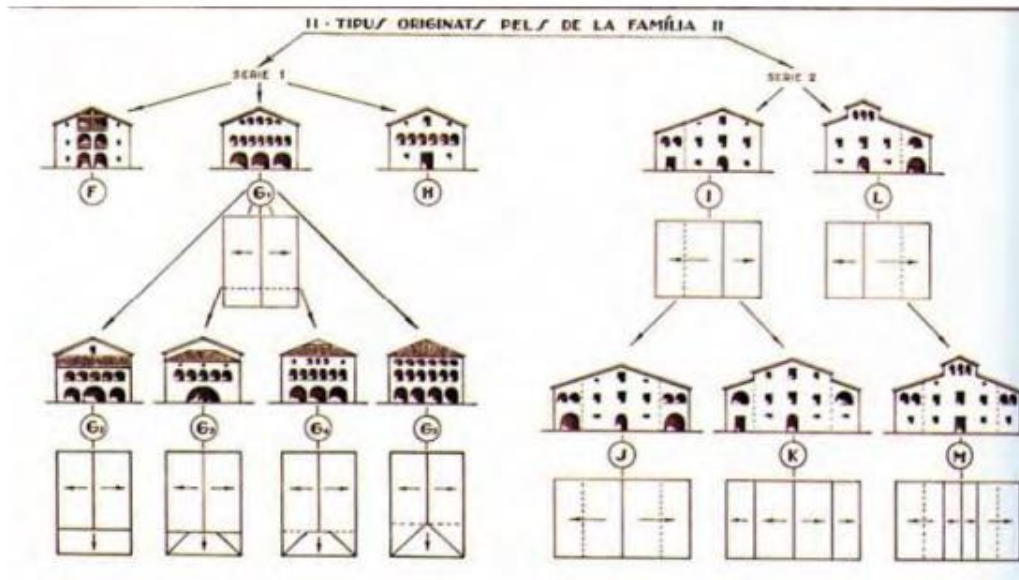


Figura 3. Clasificación de las masías II según J. Danés, "la masía catalana, evolución, arquitectura y restauración".

- Familia II: dentro de esta clasificación encontramos cubiertas inclinadas hacia las fachadas laterales de la edificación, este tipo de masías de predominación más abundante, se elaboraron en una sola etapa y según los datos históricos su implementación se dio en los siglos XVI, XVII y XVIII, donde están conformadas por 3 crujiás.

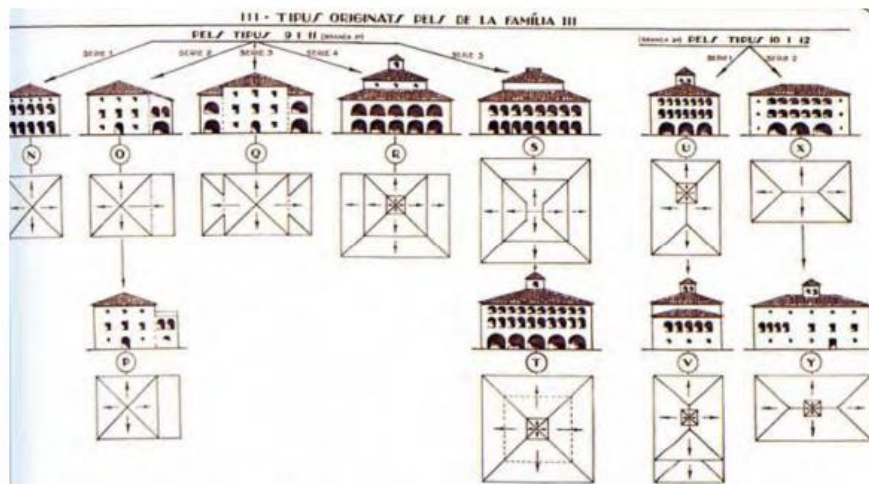


Figura 4. Clasificación de las masías figura 3 según J. Danés, "la masía catalana, evolución, arquitectura y restauración".

- Familia 3: Cómo podemos observar en la imagen se caracterizada por tener la cubierta a 4 aguas, estas son las masías que cuentan con un carácter mucho más señorial, donde las construcciones datan del siglo VXII, XVIII y XIX. Según se consta su elaboración también se realizaba en una sola etapa, debido a su tipología constructiva (casi siempre su vista en planta era desarrollada de manera cuadrada) muchas de estas masías se ven obligadas a contar con un patio central para garantizar la ventilación y orden en la construcción.

Tipos de masías:

“El Mas era una explotación agraria integrada por la casa, por las tierras de conreo, bosques, etc. Es el resultado de una evolución histórica que recoge un pasado agrícola pero también fruto de unas instituciones y una payesía. Para entender las masías actuales, como la de Can Garrigosa, es preciso estudiar la evolución histórica de esta peculiar construcción catalana.” (Buenaventura Boada & Robledillo, 2010)

Si retrocedemos en la historia hasta los orígenes de las masías o casas de payes, como se les solía llamar, llegaremos hasta el “Mas”, este a su vez en función de sus plantas se podía llegar a dividir en horizontal o vertical. Dependiendo de los cuerpos que lleguen a componer el edificio se clasificaban en masías de 2 cuerpos o 3 cuerpos. Más que ser una clasificación de Masías es una consecuencia de tipo lógico de la construcción de estos edificios ya que en la mayoría de los casos la primera edificación se clasificaba como horizontal donde la componían dos cuerpos y luego fue transformándose en masías verticales de 3 cuerpos y en sus partes anexas.

Pero a partir del siglo XI aparecen nuevas formas de explotación a este tipo de construcciones dependiendo de los Mazos. En realidad, era una separación de estos, con esto aparecieron las cabañas y bordas.

Mas horizontal:

“Era una construcción de planta baja levantada con piedra seca, con una cubierta de una sola pendiente realizada con ramajes y tierra o losas de piedra y un mínimo de 2 piezas: la dedicada a las personas y la de los animales. La disposición estructural solo permitía que hubiera dos pórticos principales y un solo sentido de crujía. Sus orígenes remontan a los siglos IX y X.” (Planas, 2008).

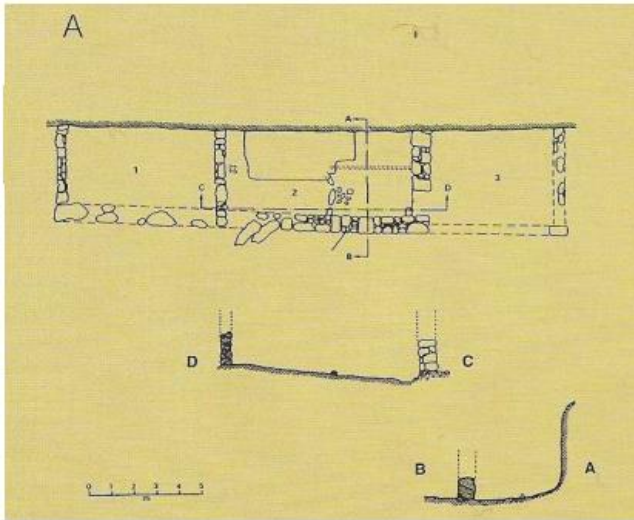


Figura 5. Conformación de una Masía Horizontal. Cortes, A. M. Propuesta de intervención para la rehabilitación de la masía

Mas torre o mas vertical:

“Se empieza a construir a partir de los s. XII y XIII y éste llevará hacia el s. XVI a la culminación con el sistema de construcción tipo de estructura clásica el cual ya no sufrirá modificaciones importantes. Eran unas construcciones con una planta de forma más o menos rectangular, formada por paredes gruesas formadas por cámaras de piedra o piedras más o menos cortadas, unidas con mortero de cal lo cual permitía que la construcción pudiera llegar a más altura que el más horizontal” (Solà, 2011). Respecto a su sistema estructural, todavía es muy similar al más horizontal ya que el edificio contaba con dos pórticos en su entrada principal (conocidos también como paredes de carga), y un solo sentido para las crujías. Se pretendía recrear la construcción de las torres de defensa que se realizaban por esa época.

El más de tipo vertical, se parecía a las torres de defensa, pero con plantas más grandes que permitían una vida familiar. Este tipo de construcción mucho más elaborada implicaba la participación de profesionales en el proceso de ejecución de la masía, cabe destacar que algunos estudios realizados en la actualidad han llegado a poner en duda que este tipo de construcción se pudiera englobar a las Masías o casas de payes, ya que, según los últimos análisis que se han realizado pertenecían a la nobleza local del lugar.

Mas de dos cuerpos

“Esta construcción, mucho más amplia que sus predecesoras, contaba con paredes menos gruesas y se aumentaba el número de crujías a dos, formando nuevos espacios interiores antes inexistentes por el propio sistema constructivo. Este tipo de construcciones se realizaban desde el S. XIV hasta el S.XVIII. Esta construcción, como culminación de un proceso de construcción completamente lógico y racional asentará la base para la masía tipo catalana; una casa de dos plantas (en algunos casos hay una tercera planta dedicada al granero), con entrada única y común para las personas y los animales cuando está en la planta baja y una escalera que comunica esta zona de entrada con la pieza más importante del piso superior, donde está la cocina, que posteriormente se transformaría en la sala, que al mismo tiempo hace de distribuidor de las cámaras.” (Cortes, 2017).

Existen constancias del siglo XIV y XV estudiado por Assumpla Serra i Clota donde aparece un comedor el cual se encuentra diferenciado de la cocina, donde se deja claro que en el piso superior no debería existir la cocina, pues tendría que estar solamente el comedor con una mesa de gran dimensión donde se permitía al payes, comer fuera del recinto de la cocina. En estas especificaciones anteriores no se tenía en cuenta la simetría y muchas veces la entrada se veía desplazada respecto al eje central.

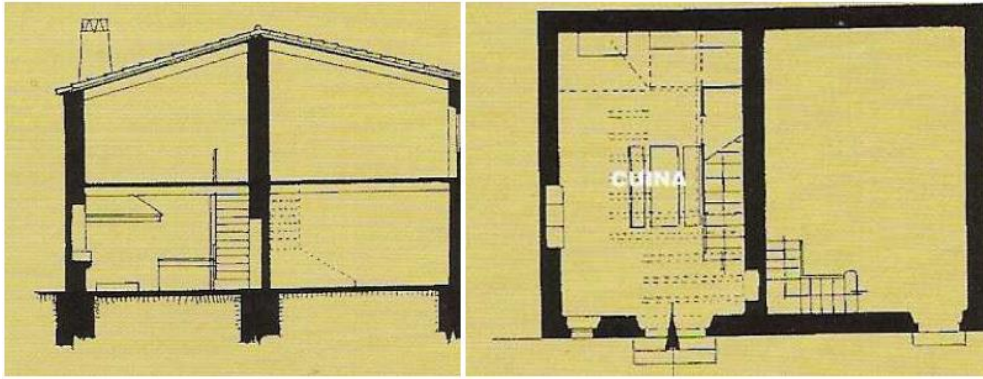


Figura 6. Mas de dos cuerpos ejemplo. Cortes, A. M. Propuesta de intervención para la rehabilitación de la masía

Mas de tres cuerpos o la masía

“Este tipo de construcción es una derivación del de dos cuerpos. Las masías que se construían nuevas en los siglos XVI y XVII eran de la tipología de 3 cuerpos. Los Masías que ya estaban construidos, los de 2 cuerpos, también sufrieron las ampliaciones necesarias para llegar a este tipo de masía. Estaban formados por 3 cuerpos con una sala central a la Planta Piso, estando la cocina a parte sea en Planta Baja o Planta Piso.” (Gil, 2018)

Esta por el contrario de la mas de dos cuerpos contaba con una simetría que dejaba en el eje de esta construcción la entrada a la sala y el granero, el hecho de añadir un tercer cuerpo a la edificación se podía llegar a deber a la necesidad de aumentar el espacio útil de cada una de las plantas, o simplemente al hecho de querer generar la simetría mencionada anteriormente. En los casos que requiriesen aplicar algún tipo de reforma, esto llegaba a implicar una gran obra ya que era necesario realizar una reforma completa de la cubierta.

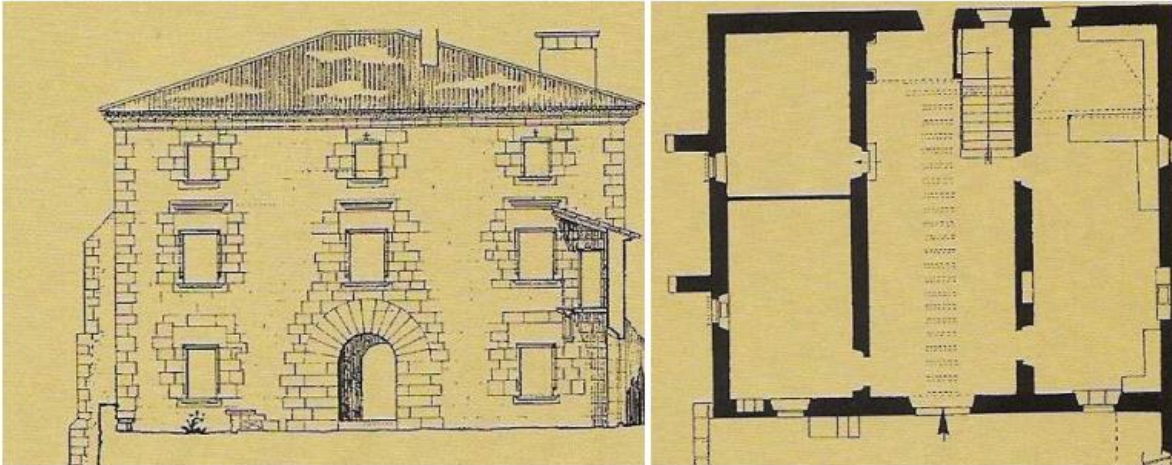
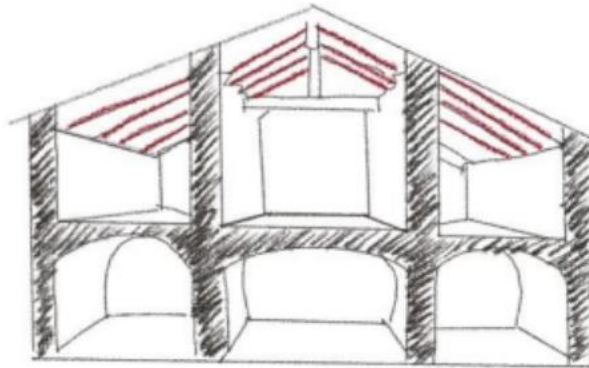


Figura 7. Ejemplo Más de tres cuerpos. Cortes, A. M. Propuesta de intervención para la rehabilitación de la masía

Técnicas constructivas en las masías:

Los elementos constructivos que más se encuentran en las masías son: el forjado de bóveda cerámica que se encontraba en las plantas inferiores, pared de carga, el forjado de tipo entrevigado en las plantas superiores de esta y cubierta de teja cerámica tradicional. “el sistema estructural de la masía es de crujías de paredes de carga donde se apoyan cubiertas de bóvedas o entrevigado. Según sea la orientación, protección del viento, ubicación, terreno etc... las crujías de la masía siguen una determinada configuración u otra., donde las paredes de carga siguen una separación de entre 3 a 5 m según sea el cubrimiento que deben de soportar” (Heredia Bercero & Macias Sole , 2012).

Según las diferentes adaptaciones y modificaciones que ha tenido cada masía, se pueden llegar a encontrar plantas más ortogonales, con crujías más regulares y simétricas o con características diferentes como plantas irregulares en sus crujías y de carácter más heterogéneo.



*Figura 8. Técnica constructiva vista en corte de una Masía.
Elaboración propia.*

Materiales:

Los materiales que se usaban eran los más básicos que en una finca se podían llegar a encontrar con facilidad a su alrededor. Dentro de ellos encontramos la:

Piedra: es el material escogido por excelencia para la elaboración de las masías, las piedras para construir los muros se podían conseguir de lugares cercanos para su fácil manipulación y transporte. Estas podían llegar a ser ígneas (granito y basalto), metamórficas (mármol y pizarra), donde en el caso de, Molí d'en Coll, en la zona de Baix Empordà encontramos una fosa muy representativa de l'Empordà, "el massís de les gavarres" y "el mantel del Montgrí" como origen de las piedras empleadas, entre estas, son más recomendables las de origen sedimentario por su facilidad de puesta en obra gracias a su geometría." (Marti, 2015).

Para poderlas utilizar en la fabricación de la masía se requiere previamente un secado de este material con el fin de conseguir una mayor resistencia al clima que rodea el lugar, este tipo de construcción surgió como respuesta a la evolución, y con ella se generaron por ejemplo crujiás más amplias permitiendo así reducir el grueso de las paredes de carga.

La mayoría de los materiales que se implementaban para la construcción de la masía se encontraban cercanos a ella, y en las tierras de los mismos dueños. Por ejemplo, en el Molí d'en Coll, se encontraban en el lugar las canteras donde se

extraía la piedra utilizada, también se encontraba la zona de bosque donde se procedía la extracción de la madera, así generando menores costes a la hora de su fabricación y facilitando el transporte, a su vez este tipo de implementación de materiales permitía generar un fuerte vínculo entre la masía y el entorno que la rodeaba.

La piedra dependiendo del diseño se relacionaba directamente con la cerámica o la madera.

Cerámica: “La cerámica es un material de construcción con una gran antigüedad. Los materiales cerámicos, del griego “keramos”, son producto del trabajo con base arcillosa que se transforma, poco a poco, en la pieza versátil y funcional con la que contamos en la actualidad.” (Badiota, 2008).

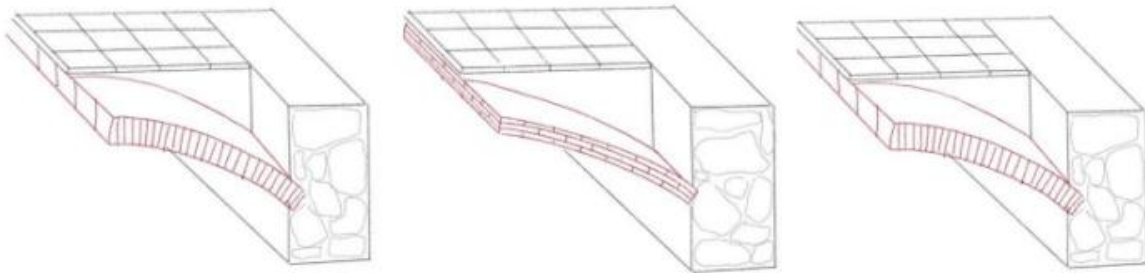


Figura 9. Tipos de bóvedas. Elaboración propia

La cerámica en conjunto con la piedra permite el diseño de bóvedas y arcos, con el fin de conseguir durabilidad se unen las crujeas con las bóvedas para generar una estructura de soporte.

Para realizar la construcción del arco se debe implementar el uso de cimbras (usualmente elaboradas en madera) que permitían realizar una guía y encofrado al mismo tiempo para su elaboración.

Dentro de los arcos encontramos diferentes formas que generan percepciones variadas, dentro de ellos encontramos los de medio punto, apuntado, escarzano o ajado, carpanel etc....), para concentrar más, en el Empordà predominan los arcos de medio punto, estos son elaborados en diferentes materiales naturales ya sean ladrillos, sillares, piedras irregulares etc....

Las bóvedas que predominan en esta zona son o tarifadas, a sardinel o rellenas de argamasa.

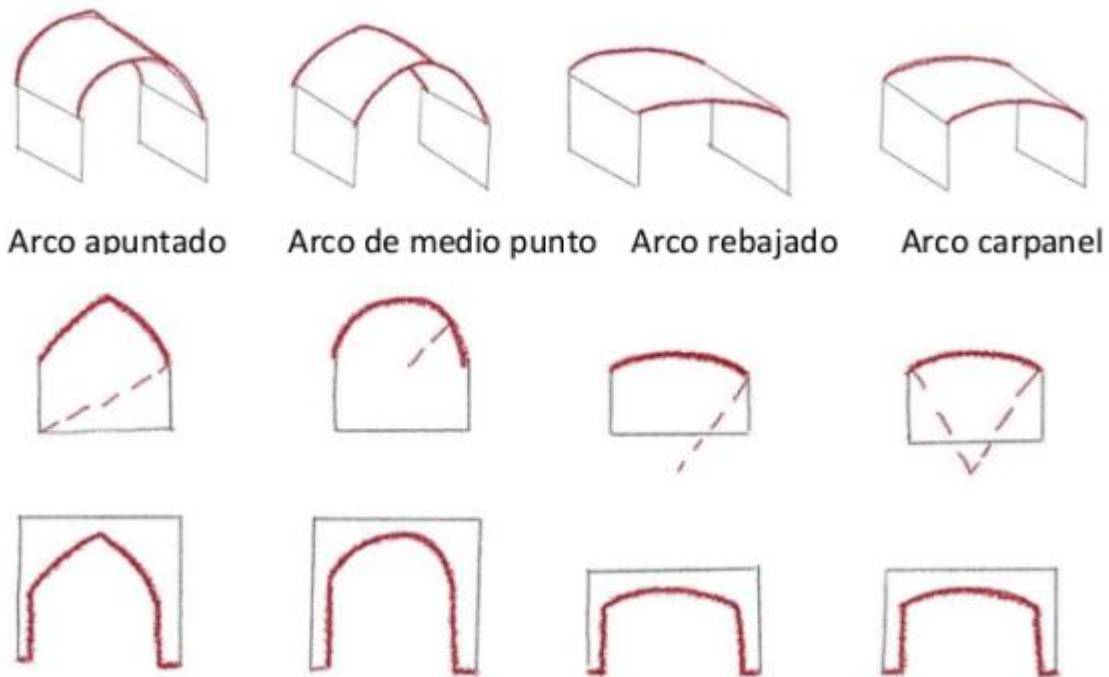


Figura 10. Tipos de bóvedas y arcos. Elaboración propia

Entrevigado o madera: “es el conjunto de vigas horizontales o inclinadas que forman el sistema estructural de apoyo de los diferentes pisos. Un sistema que podía disponerse empotrado en las paredes, apoyado sobre las jácenas de madera, o colocado sobre los arcos transversales. Normalmente su construcción era regular, de manera que las vigas estaban separadas entre 50 y 70 cm.” (Patxot, 2012).

Estas paredes de carga entraban en contacto directo con la madera utilizada mayormente para las cubiertas, ya que las vigas que se necesitaban como estructura se conseguían de los árboles que se encontraban cerca de la masía.

El entrevigado se conseguía mayoritariamente de la parte central del árbol, según el acabado que se buscara conseguir se realizaba un proceso de aserrado descortezado, este se implementaba para dar acabados mucho más regulares, ya

que, dependiendo de la necesidad y ubicación, los dueños de la masía escogían una u otra.

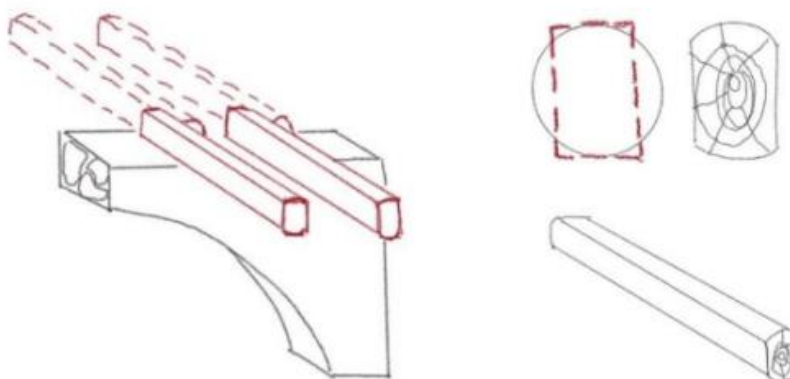


Figura 11. Esquema vigas de madera y su disposición. Elaboración propia

Entre las distintas variables que se pueden presentar a la hora de escoger la madera adecuada para su óptimo funcionamiento, encontramos por ejemplo el roble que cuenta con una gran resistencia y elevada densidad frente a otras maderas, también encontramos maderas de tipo blando que son mucho más manejables y ligeras y en última categoría encontramos las resinosas como el pino, cedro o coníferos que son los más usados por su resistencia, durabilidad y resistencia.

Las de tipo resinoso eran las que mayoritariamente se usaban para la construcción de los elementos de carga como los muros o vigas, hay otro tipo de madera con características inferiores y con cualidades mucho más finas que solían ser empleadas para la parte interior de las masías ya sea para su carpintería o mobiliario, en la zona del Baix Empordà predominan el olivo y los cerezos.

Para la construcción de las diferentes vigas de masías se necesitaba que estas contaran con una alta resistencia a los hongos y los insectos, por lo que se recomendaba talar la madera en época de invierno, con el fin de poder obtener una cantidad inferior de savia y que contara con una mayor densidad.

“En las zonas húmedas se intentaba evitar el empotramiento de las vigas en las paredes y éstas se apoyaban en las vigas laterales paralelas a las paredes. La unión

entre vigas y jácenas de madera se realizaba por simple gravedad ayudada de cuñas de madera, o apretando con uniones metálicas.” (Marti, 2015)

La madera y más concretamente el entrevigado se empleaba en la cubierta, pues concretamente en el caso de las masías del Empordà, los forjados entre cada una de las plantas están elaboradas mayormente por bóvedas. Las masías que se ubican dentro de un paisaje plano como es el caso de Molí d'en Coll, están conformadas por un entrevigado de madera que usualmente está apoyado por los arcos transversales, jácenas o encastados en la pared. La separación entre las vigas suele ser entre 50-80 cm en promedio y la orientación de cada una de ellas puede variar en función de las etapas constructivas o su complejidad.

Sobre el entrevigado apoyan los rastreles y/o travesaños que deben de soportar a su vez las baldosas cerámicas o en algún caso directamente el peso de las tejas. Mediante el uso de rastreles se permite una mayor separación entre cada una de las vigas.

Introducción hacia la casa pasiva

Como afirma el libro “ De la Casa Pasiva al Estándar Passivhaus”, “ En la actualidad, el consumo de energía debido al uso de un edificio es responsable de la mayor parte de emisiones de CO2 del sector de la edificación. Por ello resulta de especial interés recuperar la relevancia de la arquitectura pasiva en la construcción o la rehabilitación de nuestros edificios, pues tiene un gran potencial de ahorro económico” (Wassouf, 2019)

Normativa

Las normas actuales con referencia al sector de la construcción sostenible siguen una jerarquía en función de su exigencia.



Figura 12. La pirámide de la sostenibilidad normalizada aplicada a la construcción. M. Wassouf, “ De la casa pasiva al estándar Passivhaus”.

Los estándares de construcción representan la normativa más estricta, seguido de la certificación medioambiental y finalmente la sostenibilidad en la normativa vigente.

Como afirma Micheel Wassouf en el libro *De la casa Pasiva al Estándar Passivhaus*; una característica común de estas normativas es que, aunque todas ofrezcan un sistema para cuantificar la sostenibilidad, no proponen procesos de actuación determinados ni soluciones concretas.

Normativa vigente

En el lugar inferior de la pirámide se encuentra la normativa vigente vinculada a cada país, esta define unos requisitos mínimos para la sostenibilidad. El principal inconveniente de dicha normativa es que dependen del sistema político de cada momento y esto genera una variación que no permite asentar estas reglas sostenibles. España está obligada a traspasar las órdenes del parlamento europeo “Energy Performance of Buildings Directive” (EPBD) en la normativa nacional, en

nuestro caso quedan registradas en el Código Técnico de la edificación español (CTE) y en el Documento básico de ahorro de energía en la edificación (DB-HE). Los países de la Unión Europea están sometidos a una actualización de estas normativas cada tres años. Esta es la primera y mínima aproximación hacia la sostenibilidad en la construcción.

Certificación medioambiental

Un paso más hacia la construcción sostenible aparece la certificación medioambiental que consiste en las normativas ISO (Organización internacional para la Estandarización) para poder cuantificar los índices de sostenibilidad en las edificaciones. Actualmente su cumplimiento es de carácter voluntario. Hoy en día existen tres grandes compañías que evalúan ambientalmente la construcción; World Green Building Council (WGBC), International Initiative for Sustainable Building Environment (IISBE) y Sustainable Building Alliance (SBA).

Las herramientas más conocidas que utilizan estas normativas ISO, son en España VERDE, en Estados Unidos LEED, DGNB en Alemania y BREAM es el equivalente británico, entre otros.

Estas herramientas se dedican a cuantificar el impacto ambiental que se produce en las seis etapas de la vida de un edificio; Planeamiento urbanístico, producto, transporte de materiales, construcción, uso del edificio y fin de vida. Estos criterios se asocian a uno o más impactos ambientales. “un impacto ambiental define un cambio en el medioambiente resultado de una actividad humana vinculada a la construcción, uso y derribo de un edificio; este impacto ambiental queda cuantificado por un indicador medioambiental (por ejemplo el C02 equivalente en el caso del cambio climático” (Wassouf, 2019)

Estándares de construcción

A diferencia de las dos tipologías de normativa anteriores, los estándares de construcción controlan criterios muy concretos, estos se han diseñado para reducir el consumo y la demanda energética durante la etapa del uso del edificio. En otras palabras, lo que el consumidor paga de factura cada mes.

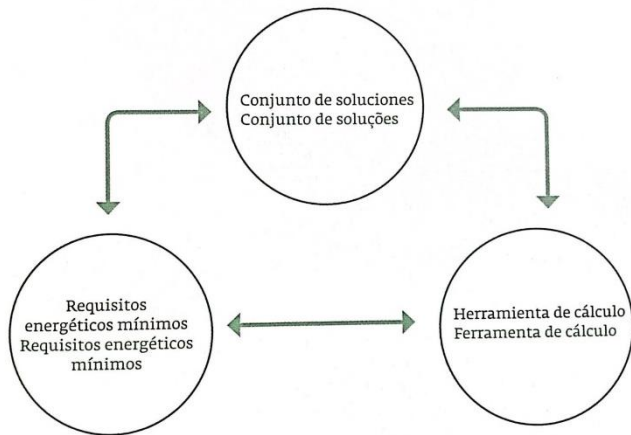


Figura 13. Esquema de un estándar de construcción. M. Wassouf, "De la casa pasiva al estándar Passivhaus".

En el anterior esquema se muestran las tres vertientes de un estándar de construcción; Requisitos energéticos mínimos, conjunto de soluciones y herramienta de cálculo.

Los estándares de construcción se han desarrollado por entidades privadas. Las herramientas de cálculo que ofrece cada estándar son para

que los edificios cumplan con los criterios energéticos mínimos establecidos.

Los dos estándares más conocidos son el Minergie-ECO y el Passivhaus. En este trabajo se profundizará en el Passivhaus, concretamente en su vertiente Enerphit y se empleará la herramienta de cálculo PHPP (Passivhaus Projecting Package).

Passivhaus

La elección de este estándar es por su experiencia de más de veinte años de desarrollo, y la fiabilidad que respaldan los más de veinte mil edificaciones construidas. También porque está enfocado en el control de la demanda de calefacción y refrigeración, que es un problema para resolver en la rehabilitación energética de masías.



Además, quisiera subrayar que tienen una filosofía de crear edificios de consumo casi nulo, pero a costes asequibles.

Figura 14. Bott, Ridder y Westermeyer. Primer edificio construido según estándar Passivhaus. M. Wassouf, “De la casa pasiva al estándar Passivhaus”.

Nearly-Zero Energy Buildings (nZEB)

Es un concepto definido por el Parlamento Europeo definiendo que “La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida la energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno”. (Europeo, 2010) Este estándar es obligatorio desde el 2020.

La energía casi nula no tiene aún una descripción exacta, pero puede encontrarse;

- En parcela: se genera la misma cantidad de energía que se consume
- En fuente: la energía primaria consumida es igual a la que se genera o compra
- En costes energéticos: el propietario paga por la energía no renovable que consume lo mismo que consigue de la venta de la energía renovable producida en su parcela.
- En emisiones: se contrarresta las emisiones por el uso del edificio con la energía renovable producida.

La arquitectura pasiva

El grupo Sustainable Building Alliance (SBA), en la fase de uso del edificio, los consumos que son perjudiciales para el medioambiente porque producen gases nocivos más destacables son, de mayor a menor impacto; Consumo de energía para calefacción y refrigeración, consumo para agua caliente sanitaria, consumo eléctrico, consumo agua potable y consumo agua no potable.

Cabe destacar que hay países de climas templados y cálidos por ejemplo del mediterráneo, que consumen más energía que los centroeuropeos, esto nos hace pensar que el tipo de construcción tiene mucho que mejorar en cuanto a eficiencia energética.

La calidad pasiva es un término utilizado para definir la demanda que tienen los edificios de calefacción y refrigeración.

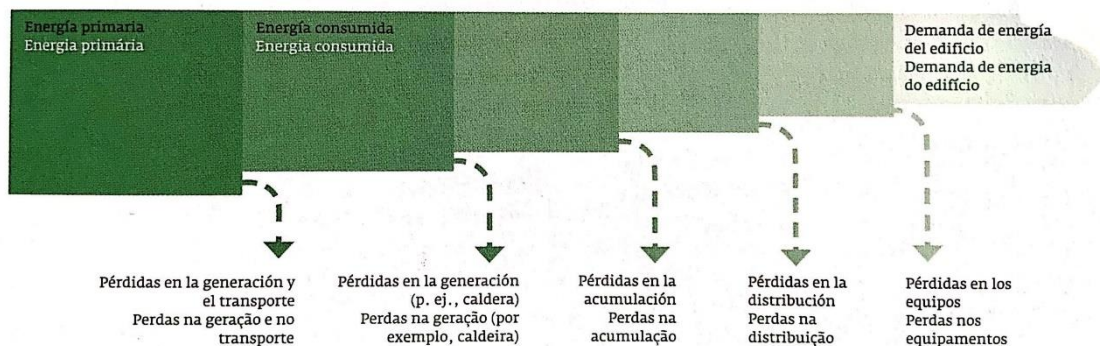


Figura 15. Relación entre los diferentes conceptos de energía en un edificio. M. Wassouf, "De la casa pasiva al estándar Passivhaus".

Relación de los diferentes conceptos de energía en un edificio.

Se calcula dicha demanda energética con la suma de cuatro componentes energéticos; Pérdidas a través de la envolvente térmica, pérdidas por ventilación a través de la envolvente térmica, ganancias a través de la radiación solar y ganancias debido a la producción de calor en invierno. Estos componentes varían en función de las siguientes cualidades pasivas de un edificio.

En este trabajo es importante tener en cuenta las pérdidas a través de la envolvente térmica, es decir los flujos de energía producidos por la radiación, convección y conducción del calor entre el interior y exterior de la masía.

Criterios de la arquitectura pasiva

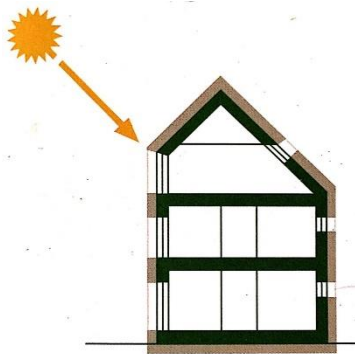
Los criterios de la arquitectura pasiva vinculan la construcción tradicional, en este caso de la masía catalana, con las nuevas técnicas de construcción autosuficiente, porque se basan en la construcción tradicional de la arquitectura.

Aunque los criterios de arquitectura pasiva por *el Passive House Institute* se centran en edificios, son trasladables a la construcción de viviendas unifamiliares.

A continuación, se describen brevemente las cualidades pasivas de un edificio;

- Orientación del edificio
- Compacidad
- Protección solar
- Calidad de la envolvente opaca
- Calidad de la envolvente térmica transparente
- Hermeticidad al paso del aire
- Aspectos relacionados con la ventilación
- Aspectos singulares selectivos

La orientación hace que factores como el viento y la radiación solar afecten a la demanda energética del edificio.



Con una orientación adecuada, se puede aprovechar la captación solar para reducir el consumo de calefacción en invierno y utilizar a nuestro favor los vientos dominantes para una correcta ventilación reduciendo el gasto en aire acondicionado.

*Figura 16. Orientación del edificio.
M. Wassouf, "De la casa pasiva al estándar Passivhaus".*

La compacidad es la división entre la superficie envolvente exterior y el volumen que recoge. Cuanta más compacidad, menos pérdidas energéticas tiene la vivienda.

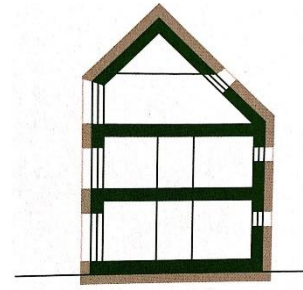
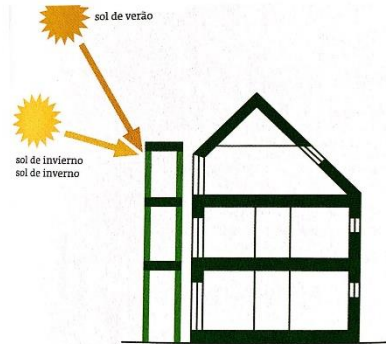


Figura 17. Compacidad del edificio. M. Wassouf, "De la casa pasiva al estándar Passivhaus".



La protección solar produce el efecto contrario a la captación solar positiva en invierno. Permite proteger el edificio del exceso de radiación solar en meses cálidos.

Figura 18. Protección solar. M. Wassouf, "De la casa pasiva al estándar Passivhaus".

En las Masías predomina una alta compacidad, pues en la época de su construcción no había fuentes externas de producción de frío / calor y convenía que las aperturas tuviesen las mínimas dimensiones para evitar pérdidas. La orientación siempre se ha tenido en cuenta en su construcción, dedicando la fachada sur a aquellas estancias más habitadas y teniendo en cuenta los vientos predominantes de la zona. En cuanto a la protección solar, la proporcionan los árboles colindantes y los porticones de madera de las ventanas.

Criterios de la arquitectura Passivhaus

Passivhaus propone un camino para conseguir un gran confort climático y baja demanda energética en los edificios.

“Los edificios Passivhaus de muy bajo consumo energético se caracterizan por un aislamiento térmico muy alto, una hermeticidad al paso del aire elevada y una ventilación muy controlada” (Wassouf, 2019). Es por ello que una primera aproximación hacia la masía catalana con baja demanda es la mejora en el aislamiento térmico de su construcción tradicional.

Aislamiento térmico

El aislamiento térmico tiene la función de aislar el interior del edificio del clima exterior. Se mide a través de la transmitancia, en W/m^2K , significa que cuando la diferencia de temperatura es de un grado Kelvin, por cada metro cuadrado se deja pasar x Wattios.

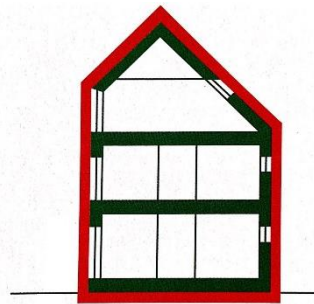


Figura 19. Aislamiento térmico. M. Wassouf, “ De la casa pasiva al estándar Passivhaus”.

El aislamiento térmico es más eficaz en invierno que en verano, porque es cuando hay más diferencia de temperatura entre el interior y exterior. Los grosores de aislamiento definidos en climas cálidos son entre 5 y 25 cm y el clima centro europeo entre 25 y 40cm. La cubierta es el elemento que recibe más captación solar, por ello hay que protegerla más para reducir las ganancias térmicas excesivas en verano. La solera es un elemento para aislar en climas con severidad climática. Este trabajo se centrará en la parte de aislamiento térmico del muro de la masía catalana.

El objetivo consiste en encontrar el espesor de aislamiento adecuado para cada construcción y clima, porque hay un punto en el que aumentar el grosor es irrelevante para incrementar la eficiencia energética. Por ejemplo, un exceso de espesor de aislamiento en verano provoca un problema en la disipación del calor que se absorbe a lo largo del día.

Inercia térmica

” Todo elemento constructivo en contacto directo con el aire puede absorber y almacenar una cantidad de energía que depende principalmente de la capacidad calorífica y de la densidad del elemento constructivo. “ (Wassouf, 2019)

La inercia térmica permite el confort en el interior de la vivienda a través de su sistema regulador de energía que funciona parecido a una batería. La radiación solar y energía interna que se almacena durante el día se regula térmicamente durante la noche con la ventilación artificial o natural. La inercia pues es un gestor de energía, la almacena durante el día y la descarga durante la noche.

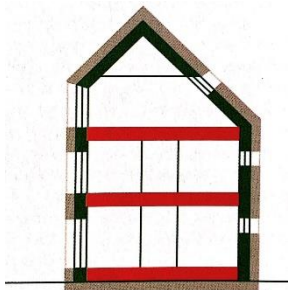


Figura 20. Inercia térmica. M. Wassouf, “ De la casa pasiva al estándar Passivhaus”.

“La inercia térmica es la capacidad de un elemento constructivo en contacto directo con el aire de absorber y almacenar una cantidad determinada de energía hasta alcanzar un punto de saturación en el que el flujo energético se invierte y la energía vuelve a fluir desde el elemento constructivo hacia el aire. “ (Arquitectos, Energiehaus expertos arquitectura Passivhaus, 2017).

Si el elemento constructivo se calienta más que el aire que lo rodea, es decir que pasa el límite de energía que puede absorber, entonces el flujo energético se invierte i pasa el elemento pasa su energía al aire que lo rodea.

La inercia térmica se mide indicando cuanta energía se necesita para subir la temperatura un Kelvin por cada metro cubico del elemento estudiado /m³ °K, dicho calculo no es efectivo cuando existe la aportación de aire frio con aire acondicionado, ya que se perdería la energía acumulada en el elemento constructivo estudiado.

Se puede utilizar la inercia como herramienta de regulación de temperatura, especialmente en climas cálidos, tanto en invierno como en verano. La masía

consigue tener una alta inercia gracias al grosor de sus muros, esto permite en invierno acumular radiación solar durante el día y disiparla cuando las temperaturas

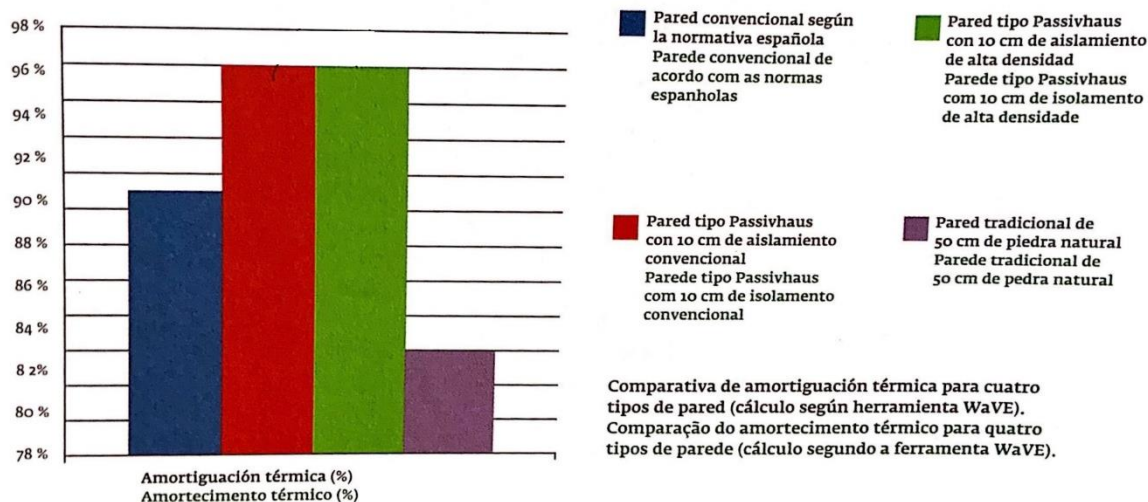


Figura 21. Amortecimiento térmico. M. Wassouf, “De la casa pasiva al estándar Passivhaus”.

caen y en verano evitar grandes fluctuaciones de temperatura en su interior.

La ventaja de la inercia es que permite amortiguar el exceso de energía para que no llegue al interior de la vivienda. Es importante que solo el 5% del calor exterior llegue al interior, es decir que la amortiguación de la onda térmica llegue a un 95%. En la grafica se aprecia como en una pared tradicional de 50cm de piedra natural existe un problema térmico a resolver.

Puentes térmicos

El estándar Passivhaus requiere en la envolvente exterior una continuidad máxima para evitar la aparición de puentes térmicos, moho y condensaciones.

Los puentes térmicos son lugares de geometría lineal o puntual del cerramiento exterior donde el flujo de energía es más grande respecto a la superficie normal del cerramiento “ (Arquitectos, Energiehaus expertos arquitectura Passivhaus, 2017)

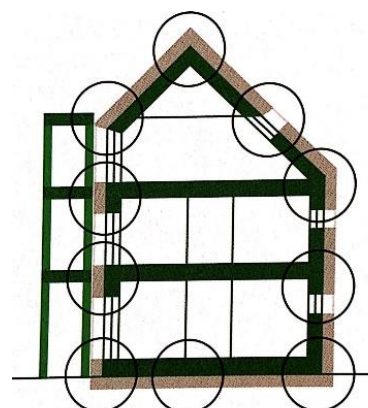


Figura 22. Puentes térmicos. M. Wassouf, “De la casa pasiva al estándar Passivhaus”.

Hay dos tipos de puentes térmicos, puntual o lineal, los lineales tienen mayor impacto que los puntuales. El objetivo consiste en reducir las pérdidas de transmisión y ventilación. Para ello, el Passive House Institute (phi) ha determinado unas normas clasificatorias de las tipologías de puentes térmicos;

Hay tres tipos de puentes térmicos lineales;

- Constructivos: cuando hay un cambio de grosor en el cerramiento
- Geométricos: sucede en las esquinas
- Debidos a cambio de material: cuando hay un material con más conductividad térmica

(Se considera un puente térmico cuando la variación de transmitancia térmica lineal supera $0,1 \text{ W/mK}$.)

Para que la eficiencia energética de cualquier construcción, pero concretamente en las masías, es importante resolver los puentes térmicos, normalmente situados en los encuentros entre forjado-muro o cambios de materiales, para así evitar que se perjudique la eficiencia energética.

Passivhaus recomienda que para reducir o eliminar los puentes térmicos no se rompa con la continuidad del aislamiento térmico.

Envolvente térmica semitransparente

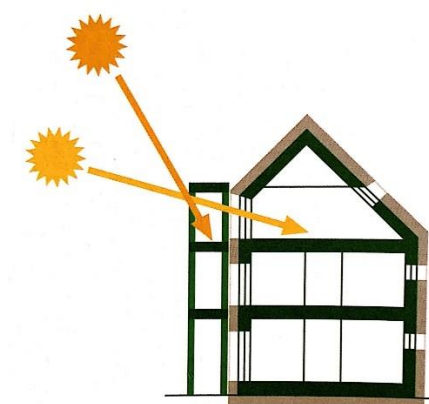


Figura 23. Envolvente térmica semitransparente. M. Wassouf, "De la casa pasiva al estándar Passivhaus".

Las ventanas son el componente más débil de la envolvente del edificio, por ello el Passivhaus Institut ha establecido normas estrictas para conseguir una sensación de confort en el interior. Por ejemplo, la transmitancia térmica U_w de una ventana puede superar los $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ y deben conseguir un factor de vidrio muy alto. Estos valores son más estrictos en climas fríos.

En la intervención de la masía Molí d'en Coll, así como en otras masías, se deberían sustituir las

ventanas de madera por ventanas que contengan varias microcámaras de aire, un núcleo de aislamiento térmico y que el vidrio y la carpintería estén solapados consiguiendo así una transmitancia térmica muy baja (hasta 0,8 W/m²K). El mismo objetivo aplica a las puertas de acceso, una alternativa mas económica es la doble puerta de entrada.

Hermeticidad al paso del aire

La hermeticidad es un requisito fundamental en el estándar Passivhaus pues está estrechamente vinculado con la eficacia del edificio. Un edificio con una hermeticidad elevada reduce el riesgo de condensaciones intersticiales y superficiales. Las casas pasivas además de tener un aislamiento térmico muy alto deben las minimizar las perdidas por infiltración de aire.

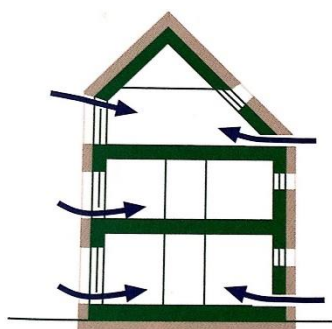


Figura 24. Hermeticidad al paso del Aire. M. Wassouf, "De la casa pasiva al estándar Passivhaus".

Dichas infiltraciones además de generar disconfort, son perdidas no controladas que generan un flujo de calor hacia el interior en verano y hacia el exterior en invierno.

Dentro de los conceptos de Passivhaus, es un requisito más importante en climas fríos que cálidos. En el caso de Molí d'en Coll, aunque se trate de un clima cálido, al ser una construcción antigua se debe revisar la hermeticidad de las aberturas.

Ventilación natural

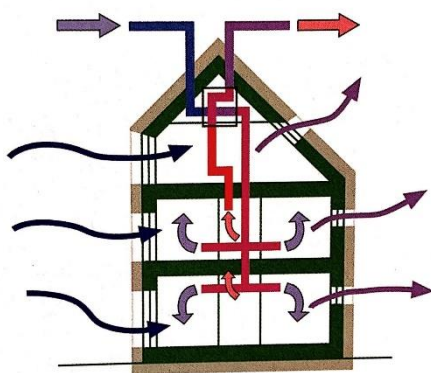


Figura 25. Ventilación. M. Wassouf, "De la casa pasiva al estándar Passivhaus".

Para las casas Passivhaus, la ventilación natural es especialmente importante en áreas cálidas porque ayuda a reducir el calor que se acumula durante el día. Este método es más eficaz cuanto más salto térmico hay entre la temperatura del día y la noche. Este trabajo recoge los criterios del estándar Passivhaus relacionados con la rehabilitación básica energética de la masía catalana.

No aparecen mencionados criterios importantes del estándar Passivhaus como la ventilación mecánica controlada, etc.

El estándar Passivhaus

La definición oficial del estándar Passivhaus: “Un edificio pasivo es aquel que puede garantizar el confort climático suministrando la energía para calefacción y/o refrigeración solo a través del aire de la ventilación. Este caudal de ventilación es el mínimo necesario para garantizar higiene de las estancias interiores (30 m³/h por persona en uso residencial”.

El Passivhaus además de basarse en la normativa ISO 7730, que hace referencia al confort en las estancias interiores, exige cumplir con la puntuación mas elevada;

A. Para conseguirlo deben cumplirse las siguientes exigencias:

- Demanda de energía para calefacción: 15 kW/m²a
- Demanda de energía para refrigeración sensible + refrigeración latente: 15 kW/m²a
- Consumo de energía primaria para calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria y electricidad) : 120 kW/m²a
- Hermeticidad al paso del aire: valor n50 máx. permitido = 0,6/h

El estándar Passivhaus ofrece desde el 1995 la herramienta PHPP (Passivhaus Projecting Package) para el cálculo energético de los edificios. Es un programa dinámico que permite controlar el consumo energético de la calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria o electricidad en cada fase del proyecto.

El estándar Enerphit

El estándar EnerPHit se ha desarrollado para poder aplicar los principios de Passivhaus en la rehabilitación de edificios existentes, ya que resultaba muy difícil cumplir con los estándares Passivhaus cuando se trata de edificios ya construidos incluso de construcción tradicional como las masías.

El estándar EnerPHit garantiza que si se siguen las siguientes intervenciones se reduce entre un 75 y 90 % el consumo energético del edificio existente; mejora

aislamiento térmico, reducción de puentes térmicos, mejora de hermeticidad, uso de puertas y ventanas de calidad, ventilación con recuperador de calor, generación de calor eficiente y uso de fuentes de energía renovables.

Una vez escogida la zona climática del edificio estudiado, con el soporte del programa PHPP, el estándar EnerPHit se consigue con el cumplimiento obligatorio de los criterios generales y el de una de las dos siguientes tablas;

Tabla 4 Criterios generales EnerPHit (siempre aplicables, independientemente del método elegido)

			Criterios ¹			Criterios alternativos ²	
Hermeticidad							
Resultado ensayo de presión n_{50}	[1/h]	≤	1,0				
Energía primaria renovable (PER)³			Classic	Plus	Premium	±15 kWh/(m ² a) desviación respecto a los criterios...	
Demanda PER ⁴	[kWh/(m ² a)]	≤	60 + (Q _{I1} - Q _{I1,PHI}) • f ₀ PER,H + (Q _C - Q _{C,PH}) • 1/2	45 + (Q _{I1} - Q _{H,PH}) + (Q _C - Q _{C,PH}) • 1/2	30 + (Q _{I1} - Q _{H,PH}) + (Q _C - Q _{C,PH}) • 1/2		
Generación de energía renovable (con referencia la huella proyectada del edificio) ⁵	[kWh/(m ² a)]	≥	-	60	120	...con compensación de la desviación mostrada arriba mediante diferentes valores de generación	

Figura 27. Tabla de criterios generales EnerPHit. Proporcionado por el PHI

Tabla 2 Certificación EnerPHit en base a los requisitos de componentes individuales del edificio

Zona climática de acuerdo al PHPP	Envolvente opaca ¹ respecto al...				Ventanas (incluyendo puertas exteriores)			Ventilación			
	...terreno	...aire exterior			En conjunto ⁴	Acristalamiento ⁵	Carga solar ⁶				
	Aislamiento	Aislam. exterior	Aislam. interior ²	Pintura exterior ³	Coeficiente de transmitancia térmica máximo (U _{P/V, instalada})	Coeficiente de ganancias solares (valor-g)	Carga solar específica máxima durante el periodo de refrigeración	Indice recup. de calor mínimo ⁷	Indice recup. de humedad mínimo ⁸		
	Coeficiente de transmitancia térmica máximo (valor-U)			Cool colours						[W/(m ² K)]	-
Polar	Determinado específicamente en el PHPP para cada proyecto mediante los grados-día para calefacción y refrigeración respecto al terreno.	0,09	0,25	-	0,45	0,50	0,60	100	80%	-	
Frío		0,12	0,30	-	0,65	0,70	0,80		80%	-	
Frío - templado		0,15	0,35	-	0,85	1,00	1,10		U _g - g*1,6 ≤ 0	75%	-
Cálido - templado		0,30	0,50	-	1,05	1,10	1,20		U _g - g*2,8 ≤ -1	75%	-
Cálido		0,50	0,75	-	1,25	1,30	1,40		-	-	-
Caluroso		0,50	0,75	sí	1,25	1,30	1,40		-	-	60 % (climas húmedos)
Muy caluroso	0,25	0,45	sí	1,05	1,10	1,20	-	-	60 % (climas húmedos)		

Figura 26. Tabla de criterios por el método de componentes individuales del edificio. Proporcionado por el PHI.

Tabla 3 Certificación en base al requisito de demanda de calefacción (como alternativa a Tabla 2)

Zona climática de acuerdo al PHPP	Calefacción	Refrigeración
	Demanda de calefacción máxima	Demanda de refrigeración + deshumidificación máxima
	[kWh/(m ² a)]	[kWh/(m ² a)]
Polar	35	igual al requerimiento para Casa Pasiva
Frío	30	
Frío - templado	25	
Cálido - templado	20	
Cálido	15	
Caluroso	-	
Muy caluroso	-	

Figura 28. Tabla de criterios del método de demanda energética (calefacción). Proporcionado por el PHI.

EnerPHit como método de investigación de la masía catalana

Tras analizar la construcción, morfología, materialidad y origen de las masías concretamente en el área del Baix Empordà, cambia mi perspectiva sobre las posibles intervenciones que se pueden realizar en el lugar. Iniciando por decir que la rehabilitación que se va a realizar adquiere más un carácter de restauración debido a la historia e importancia de este tipo de construcciones en el patrimonio histórico de Cataluña.

Es por ello que se analizará la historia y se adaptará a las necesidades actuales del mercado con el fin de ajustar la masía a los requerimientos actuales. Como mencionado anteriormente, uno de los grandes puntos a trabajar es generar unas condiciones climáticas confortables dentro de la masía. Por lo cual uno de los objetivos principales de la restauración de Molí d'en Coll, es que se pueda llegar a replicar en otras masías con características similares. La restauración que se va a plantear se enfoca en seguir los estándares Passivhaus, más concretamente el certificado EnerPHit ya que es una edificación de tipo ya existente.

“Los edificios Passivhaus se caracterizan particularmente por su alto nivel de confort y un nivel de consumo energético muy bajo. Esto se logra principalmente mediante el uso de componentes Passivhaus (p. Ej.: ventanas, aislamiento o recuperación de calor con certificación del Instituto Passivhaus). Desde el exterior los edificios no se diferencian de las edificaciones convencionales, pues “Passivhaus” sólo hace referencia a un estándar y no a un tipo concreto de construcción.” (Passive House Institute , 2020).



Figura 29. Vista general Molí d'en Coll. Elaboración propia

La construcción de la masía catalana se caracteriza por ser una edificación muraria no aislada, donde hay aportación por parte del sol para su calefacción. El balance energético de este tipo de construcciones resulta en mucha pérdida (en referencia a costes económicos) y poca ganancia (en referencia a la mejora de la habitabilidad), ya que para poder optimizar su energía se debe aislar.

El objetivo de este trabajo consiste en analizar las pérdidas y ganancias de este tipo de arquitectura tradicional, con el objetivo de hacer las intervenciones necesarias para generar confort térmico en su interior. Una vez analizada cada una de las variables, se propone crear soluciones innovadoras que permitan mejorar las condiciones dentro de esta masía y sean amables con el medio ambiente.

El foco del trabajo se centrará en la envolvente de la masía, pues se estudiará su capacidad de captación de energía solar que se genera dentro de la masía catalana y las pérdidas a las cuales se verá sometidas en época de invierno, donde el confort entendiéndose como “La palabra confort se refiere, en términos generales, a un estado ideal del hombre que supone una situación de bienestar, salud y comodidad en la cual no existe en el ambiente ninguna distracción o molestia que perturbe física o mentalmente a los usuarios.” (Arquitectura bioclimática , 2021), basado en los parámetros establecidos según la Rita y aunque no son obligatorios para edificaciones como masías, serán buenos puntos de partida a la hora de tener en cuenta los elementos necesarios para realizar la rehabilitación de la masía pues ayudan a generar el confort térmico necesario.

Para este estudio se usará como ejemplo tipológico la masía Molí d'en Coll,

Factores que afectan el confort de la masía

Con el fin de determinar qué factores se deben cambiar o modificar para mejorar las condiciones ambientales de la masía, se estudiará las posibles soluciones en el contexto de la masía catalana.

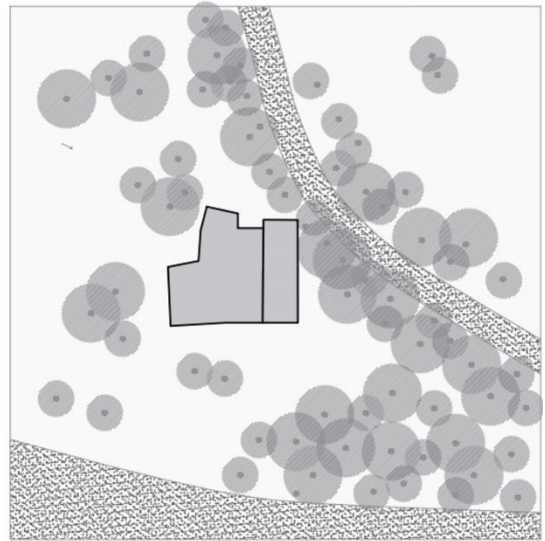


Figura 30. Implantación masía Molí d'en Coll.
Elaboración propia

Distribución de los espacios

Como hemos dicho la adecuación de los espacios de las masías se originaba de acuerdo con las necesidades de cada familia, teniendo en cuenta la ubicación, y la orientación del sol para su implantación. Se debe ubicar en la fachada sur aquellos espacios principales y de uso continuo, los cuales requieren de condiciones más confortables para su habitabilidad, por el contrario, en la fachada norte que es la que menos iluminación natural va a tener se deben ubicar lavabos, almacenes, cocina etc. Entre otros.

A continuación, explicaremos las características de cada una de las estancias que se encuentran normalmente en las masías y cada uno de sus usos

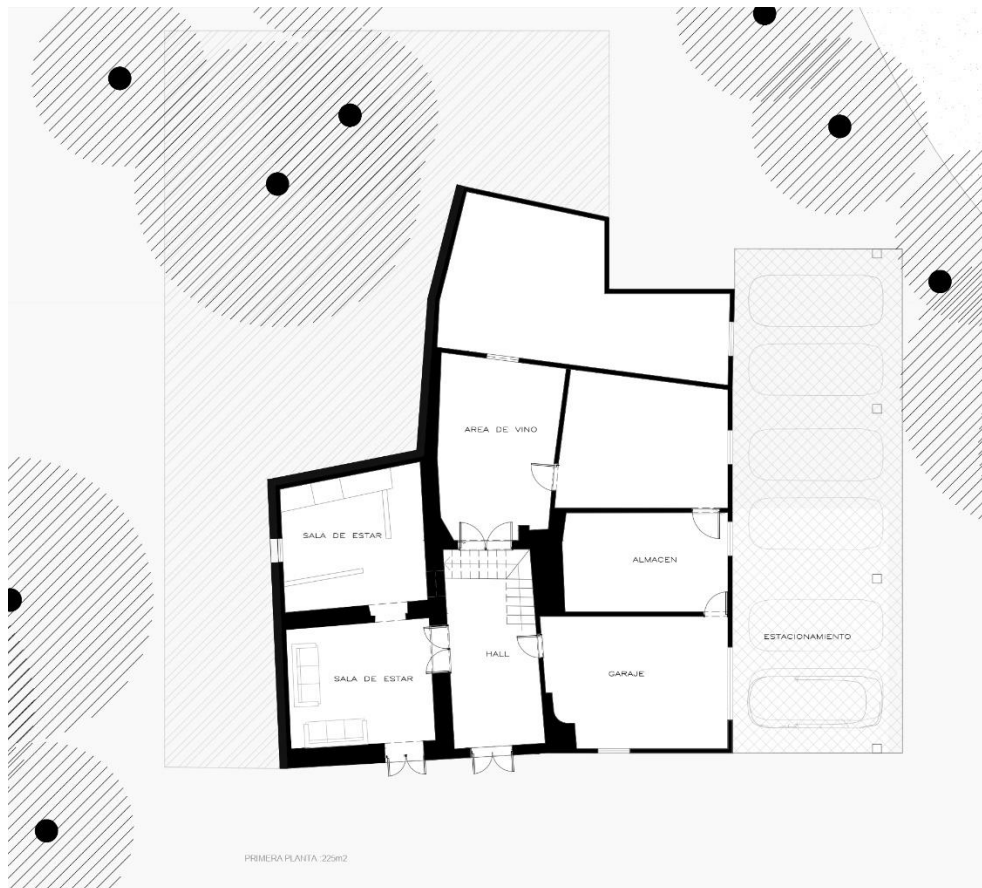


Figura 31. . Distribución primera planta de la masía. Elaboración propia

En la primera planta solíamos encontrar:

- Los establos: donde vivían los animales que cohabitaban directamente con la familia y en las estaciones donde hacía más frío proporcionaban calor a la masía, es por esto por lo que se solían localizar debajo de las habitaciones. Durante las épocas de verano los animales solían dormir fuera de la masía por lo cual las estancias superiores hacían un intercambio de temperatura con las inferiores.
- La entrada y la escalera a la masía comúnmente eran frías y oscuras ya que estas se encontraban bajo un techo de vuelta el cual no contaba con algún tipo de ventana.
- Los nichos o “alcoves” eran escasas en la masía, a parte de la familia, lograban habitar únicamente los criados o también llamados “mossos”. En función del tipo de familia que habitaba en la masía había un nicho o más. Estas contaban con pequeñas aperturas o porticiones de madera, que cumplían la función de proteger del frío en su interior.

Inercia y aislamientos térmicos

Para poder aplicar estos dos conceptos en el proyecto, debemos empezar por definirlo, “La carestía energética o inercia energética existente a nivel mundial ha provocado un doble efecto: una mayor conciencia del usuario del coste energético al que se enfrenta y una mayor importancia de las administraciones por limitar dicho consumo en la edificación como vía para combatir el cambio climático y reducir la dependencia energética con el exterior.” (Manual de aplicación de la inercia térmica, 2019) Y el aislamiento térmico lo podemos entender como “los materiales aislantes son esenciales en el mundo de la construcción, necesarios para poder albergar unas condiciones óptimas en el interior de nuestros edificios. Desde los primeros descubrimientos de estos materiales, muchos nuevos son los que han aparecido y han llegado a mejorar la infinidad de aspectos y la manera de llegar a concebir la arquitectura” (Palomo, 2017).

Los factores que se deben tener en cuenta a la hora de intervenir en la piel de un edificio es la capacidad de acumulación de calor, llamada inercia térmica, y el aislamiento necesario para poder generar este tipo de condiciones.

El aislamiento es de vital importancia ya que mediante la implementación de un material adecuado para cada situación se reducen las pérdidas energéticas en la masía. Es importante analizar y resolver aquellos elementos que se ven directamente relacionados con el exterior, como lo serían las ventanas con su carpintería en madera y las zonas que colindan con los forjados.

La masía dentro de su tipología constructiva no cuenta con ningún tipo de aislamiento en sus muros, por lo cual es importante analizar en la fase practica del trabajo, la inercia y resistencia térmica que proporcionan diferentes tipos de materiales, junto con los puentes térmicos que se crean entre los materiales ya existentes y los nuevos.

Orientación y protección solar

“el análisis de sitio consiste en estudiar los procesos y elementos contextuales que influyen en la ubicación de un proyecto arquitectónico o una obra, desde su disposición, orientación, forma, articulación y relación con su espacio geográfico, hasta los impactos que la obra tendrá dentro y fuera del sistema social y natural.”
(Chong Garduño, Carmona Olivares, & Pérez Hernández, 2012)

La orientación dentro de la masía es uno de los factores más importantes a considerar, además de conseguir protegerse de los vientos predominantes que se encuentran en la zona, según la radiación que llega a la fachada se determina el consumo energético del edificio o la masía en este caso. Por ello, en este tipo de construcciones, en la fachada sur es donde podemos observar mayor cantidad de aberturas para el paso de la luz



La masía lograba capturar las cuatro estaciones, donde las estancias se colocaban en función de sus necesidades térmicas, generalmente en la fachada sur se ubicaban los lugares de reunión.

Figura 32. Fachada principal de la masía. Elaboración propia

En el caso de la masía a analizar, encontramos en contraposición a la fachada sur, debido a los vientos predominantes del área (tramontana), se debía de colocar el mínimo de aperturas posibles con el fin de proteger las estancias que colindaban con la fachada.

La volumetría de ella es de forma rectangular y compacta, posee una cubierta a dos aguas y una cumbrera centrada perpendicular a la fachada de la masía.

Catalogación de masías y potencial de propuesta rehabilitación energética:

El trabajo pretende analizar un nuevo sistema de aislamiento térmico con el fin de mejorar las condiciones ambientales dentro de la masía, pese a contar con el Baix Empordà, y concretamente con la masía Molí d'en Coll, se debe tener en cuenta la amplitud que abarcará este primer acercamiento hacia la autosuficiencia energética de la construcción tradicional de masías. Donde en el área de Cataluña cuenta actualmente con casi 6.000 masías.

Estas masías se encuentran registradas dentro de la asociación de propietarios de castillos y edificios catalogados por Cataluña APCECC_Monumenta. Donde su principal objetivo es la preservación y mantenimiento de este tipo de construcciones con el fin de garantizar su preservación ya que son considerados como patrimonio arquitectónico. Como organización catalana, esta forma parte de la European Historic Houses.

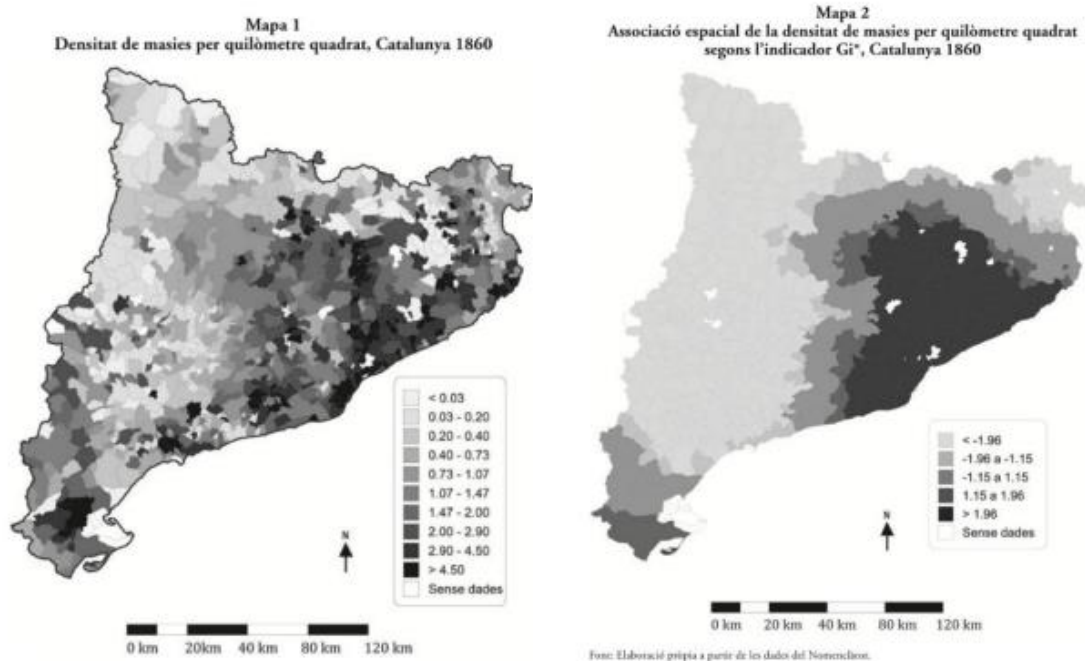


Figura 33. .Densidad de masías en Catalunya. Extraído del artículo mencionado. AMB Area metropolitana de Barcelona . PE del Catalogo de masias, casas rurales y otras edificaciones

El PEM “La redacción del plan especial del Catálogo de masías, casas rurales y otras edificaciones en suelo no urbanizable (SNU) adquiere una gran importancia como instrumento para inventariar, identificar y establecer las condiciones para la recuperación del patrimonio construido en suelo no urbanizable” (AMB Area metropolitana de Barcelona , 2017) es un catálogo que contiene las masías y el documento normativo que define los mecanismos de intervención que debemos tener en cuenta a la hora de tratar las masías o una casa de tipo rural. Además, busca preservar el paisaje, con el fin de mantener la actividad económica y poder conseguir la sostenibilidad del territorio evitando así perder la esencia de cada uno de los edificios históricos.

Según el análisis realizado en casas de payes y masías en Cataluña en 1860 realizado por Nomenclátor permite identificar las masías de manera individualizada y más concreta.

Nuevos materiales de aislamiento

“ Los promotores Passivhaus están sensibilizados en los aspectos ecológicos para evitar deslices medioambientales, (por ejemplo, no hay edificios Passivhaus con aislamiento de poliuretano proyectado), “ (Wassouf, 2019)

Es por lo que en este trabajo se realiza el análisis de dos materiales de aislamiento amables con el medioambiente.

Termo arcilla. Poroton.

“ La transmitancia térmica de un muro de bloque Termo arcilla depende de varios factores, y varía en función del tipo de pieza, del fabricante, del tipo de ejecución, del mortero, etc. Además, el muro de bloque Termo arcilla puede ser de una sola hoja, o puede ser un muro multicapa, que combine con otras soluciones. Artículo técnico El Buscador de Soluciones Termo arcilla tiene en cuenta todos esos factores, determinando mediante filtros las condiciones de entrada que debe cumplir la solución, y devolviendo todas las tipologías de muro que cumplen esos requisitos.” (Gil, 2018)

Para la correcta rehabilitación de las masías se considera una buena solución la incorporación de dicho material basado en una línea de bloques de tipo cerámico que contienen poros rellenables de lana de roca o cristal expandido altamente ecológicos porque están elaborados con productos naturales.



Figura 34. Tipologías de bloque poroton. Onhaus, <https://www.onhaus.es/bloque-ceramico-poroton-mw/>.

En los edificios NZEB de bajo consumo energético, el material Poroton encaja perfectamente con sus necesidades constructivas. Esto es debido a la baja conductividad térmica que consigue con una fina capa de mortero. Su conductividad térmica de 0.07-0.08[W/mk] permite construir sin la necesidad de añadir aislamiento. Esto se consigue gracias a los grandes orificios que ayudan al buen aislamiento térmico pues elimina los puentes térmicos, a reducir el peso del material y al aislamiento acústico.

Características del material:

Constructivas y de fabricación:

Se comercializa en diversos espesores este material en función de su conductividad térmica.

Poroton-T7-MW $\lambda = 0,07$ W/mk

Poroton-T7-MW $\lambda = 0,07$ W/mk

Autorización	Clase de densidad	Conductividad térmica λ [W/mk] con CC	Resistencia a la compresión Clase	Tensión máxima admisible σ_c [NM/m ²]
Z-17.1-1060	0,55	0,07	6	0,65

Espesor muro (sin revestir)	Nº referencia	Denominación	Dimensiones L x An x Al cm	Resistencia a la compresión	clase de densidad	Peso kg / Ud.	Uds. / Pallet	Consumo aproximado uds. / m ²	Consumo aproximado uds. / m ³
36,5 cm	3525376	T7-36,5-MW	24,8 x 36,5 x 24,9	6	0,55	13,5	48	16	44
42,5 cm	3526370	T7-42,5-MW	24,8 x 42,5 x 24,9	6	0,55	15,9	36	16	38
49,0 cm	3526381	T7-49,0-MW	24,8 x 49,0 x 24,9	6	0,55	18,2	36	16	33

Figura 35. Características de bloque Poroton-T7-MW. Weinerberger, Building material solutions.

Hormigón celular Ytong

“El hormigón celular fabricado por Xella es un material de construcción de elevada flexibilidad de uso y excelentes cualidades físicas, permitiendo a los profesionales responder con gran eficacia a las necesidades del mercado.

El hormigón celular YTONG combina resistencia y aislamiento en un solo material, siendo posible aumentar considerablemente la velocidad de ejecución de la obra gruesa y agregando un valor añadido a la obra.” (Armado salvador , 2018)



Figura 36. Bloque de hormigón celular Ytong. <https://www.ytong.es/>

Este sistema constructivo nació en Alemania, y ha sido implementado durante más de 70 años, fue diseñado por el arquitecto sueco J.A. Ericsson en el año de 1924. Se producen anualmente más de 8 millones de metros cúbicos de hormigón celular que es implementado globalmente para la construcción de edificios, viviendas y naves, entre otros. Este material se caracteriza por poseer una baja densidad, donde los bloques son generados a través de la combinación de agentes espumantes. El proceso básicamente consiste en la introducción de aire a una espuma que ya se encuentra perforada. Este tipo de agentes espumantes son utilizados hoy en día para la extinción de incendios.

Conductividad térmica

“El coeficiente de conductividad térmica λ expresa la cantidad de calor que se transmite a través de un material de 1 m² de superficie y de 1 m de espesor, cuando la diferencia de temperatura entre las dos caras es de 1 grado Kelvin (símbolo K).” (Estrada, y otros, 2018)

Valor de λ útil certificado	
MVn kg/m ³	Lambda : λ
350	0,090
400	0,100
450	0,110
500	0,125
550	0,140

El valor que se le da a λ depende de la cantidad de humedad que contiene y el tipo de material del que esté compuesto. Por ejemplo, cuanto menor sea el valor de λ de un material determinado, mayor deberá ser su capacidad de aislamiento térmico.

Figura 37. Valor de λ útil certificado.
<https://www.ytong.es/>

Inercia Térmica

Además del tipo de aislamiento, que impacta directamente sobre el confort térmico, influyen otros factores como: la temperatura superficial, el tiempo de enfriamiento, la atenuación térmica, etc. Los elementos están sometidos a diferentes fluctuaciones de temperatura, esta puede llegar en casos extremos a unos 70°C sobre la fachada de la masía. Por lo tanto, para mantener un ambiente agradable y fresco, se deben de reducir este tipo de fluctuaciones dentro de la vivienda. Gracias a las características que presenta este tipo de material como la capacidad de acumulación de calor y el aislamiento, los muros elaborados con el sistema YTONG pueden ayudar a que los cambios de temperatura no sean tan drásticos. Y poder contar con una temperatura en equilibrio constante.

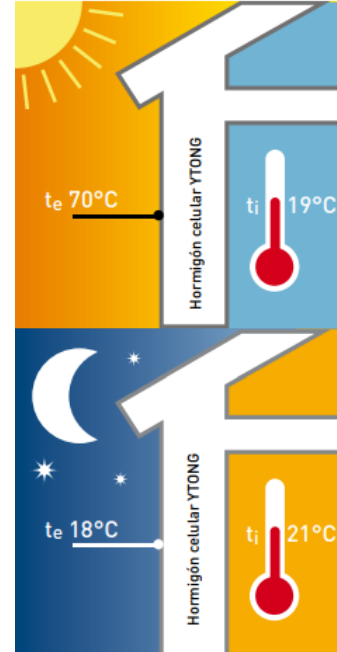


Figura 38. Aislamiento térmico y la conductividad del material . <https://www.ytong.es/>

Caso de estudio Molí d'en Coll

Actualmente la masía Molí d'en Coll, funciona como un hogar y segunda residencia familiar que se disfruta los fines de semana y durante de las vacaciones. Ha cambiado el uso original de la masía donde en sus orígenes habitaban labradores y ganaderos. Su particular afluencia e interés surge en el siglo XX, tras pasar una máxima época de esplendor durante la Edad Media seguido del periodo de la industrialización donde hubo un declive en este tipo de construcciones y en consecuencia estuvieron más de una década en abandono.

Debido a la pandemia que afrontamos, ha surgido un fuerte interés por parte de la sociedad de volver al campo, y como consecuencia la preocupación de que este tipo de construcciones se adapten a las necesidades actuales.



Figura 39. Emplazamiento Moli d'en Coll. Elaboración propia

Molí d'en Coll se encuentra ubicado en l'Empordà, concretamente en el municipio de Regencós. El Baix Empordà es una de las cuatro comarcas que originalmente formaban parte de l'Empordà que es nombrado así después de la colonia griega conocida bajo el nombre de "Emporion", donde se enfatiza la conexión que tiene la masía con su entorno y su manera de implantación.

La masía está ubicada a 2,2 km del pueblo Regencós y colinda con la riera d' Esclanya, cuenta con 3 pozos de agua y además dos casas pareadas que antiguamente se usaban para el ganado.





Figura 40. Alzados Molí d'en Coll. Elaboración propia

La fachada principal de la masía está enfocada en el noreste y consta de tres plantas con dos niveles de acceso pues se encuentra en un terreno, con una ligera pendiente. La planta inferior está destinada a acceso y parquin y las dos plantas superiores para uso residencial. En la cara sur y norte se encuentran dos porches que permiten tanto el acceso y estacionamiento de vehículos como una zona de estar con vistas hacia la piscina.

Intervención energética.

Con el fin de adaptar la masía a las necesidades actuales, se analizarán el Poroton y el Ytong con el fin de determinar si alguno de ellos es viable para la implementación de aislamiento térmico en el interior de la masía siguiendo los estándares de certificación Enerphit y Passivhaus por medio de la implementación del programa PHPP o Passive House Planning Package.

Aislamiento Poroton:

Para el ensayo se utilizará un muro de la fachada principal sometido a condiciones de clima normal, y mediante la implementación del programa veremos si aplicar el aislamiento Poroton representa un mayor confort térmico dentro de la masía. Para esto nos basaremos en la información suministrada en el siguiente gráfico:

Zona climática de acuerdo al PHPP	Envolvente opaca ¹ respecto al...				Ventanas (incluyendo puertas exteriores)			Ventilación			
	...terreno	...aire exterior			En conjunto ⁴		Acrilamiento ⁵			Carga solar ⁶	
	Aislamiento	Aislam. exterior	Aislam. interior ²	Pintura exterior ³	Coeficiente de transmitancia térmica máximo (U _{P/V, instalada})		Coeficiente de ganancias solares (valor-g)	Carga solar específica máxima durante el periodo de refrigeración	Indice recup. de calor mínimo ⁷	Indice recup. de humedad mínimo ⁸	
	Coeficiente de transmitancia térmica máximo (valor-U)			Cool colours	[W/(m²K)]		-	[kWh/m²a]	%		
	[W/(m²K)]			-	[W/(m²K)]		-	[kWh/m²a]	%		
Polar	Determinado específicamente en el PHPP para cada proyecto mediante los grados-día para calefacción y refrigeración respecto al terreno.	0,09	0,25	-	0,45	0,50	0,60	U _g - g*0,7 ≤ 0	100	80%	-
Frío		0,12	0,30	-	0,65	0,70	0,80	U _g - g*1,0 ≤ 0		80%	-
Frío - templado		0,15	0,35	-	0,85	1,00	1,10	U _g - g*1,6 ≤ 0		75%	-
Cálido - templado		0,30	0,50	-	1,05	1,10	1,20	U _g - g*2,8 ≤ -1		75%	-
Cálido		0,50	0,75	-	1,25	1,30	1,40	-		-	-
Caluroso		0,50	0,75	sí	1,25	1,30	1,40	-		-	60 % (climas húmedos)
Muy caluroso	0,25	0,45	sí	1,05	1,10	1,20	-	-	60 % (climas húmedos)		

Figura 41. Tabla de criterios por el método de componentes individuales del edificio. Proporcionado por el PHI.

“Si se tiene en cuenta la resistencia a la transferencia de calor (valor-R) de los elementos de edificios existentes para la mejora de los coeficientes de transmitancia térmica (valor-U) de los nuevos productos de construcción, esto se debe demostrar de acuerdo con los estándares técnicos aprobados. Es suficiente con adoptar una

aproximación conservadora de la conductividad térmica de los materiales de construcción existentes en el edificio a partir de tablas de referencia adecuadas. Si los sistemas constructivos de los edificios existentes no se pueden identificar claramente, se estiman valores en concordancia al año de construcción, tomados de catálogos de componentes apropiados (por ejemplo, "EnerPHit-Planerhandbuch", PHI 2012, disponible sólo en alemán) pueden ser usados siempre que éstos sean comparables con el componente en cuestión" (Passive House Institute , 2018).

Donde al implementar el aislamiento en este muro por medio de la implementación de una pared elaborada en Poroton obtenemos los siguientes datos:

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo		¿Aislamiento interior?			
01ud	Muro de fachada		X			
Resistencia térmica superficial [m ² K/W]						
Inclinación del elemento	0,17	interior R _{si} :	0,17			
Adyacente a	2-Terreno	exterior R _{se} :	0,00			
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
Aislamiento poroton	0,003					150
Muro en concreto	2,100					30
Timber flooring	0,180	Timber	0,130			
Porcentaje superficie parcial 1	90%	Porcentaje superficie parcial 2	10,0%	Porcentaje superficie parcial 3		Total
						18,0 cm
Suplemento al valor-U		Valor-U:	0,020	W/(m ² K)		

Figura 42. Implementación de aislamiento poroton, Programa PHPP

Por lo cual podemos decir según la tabla de Certificación EnerPHit que cumple con las especificaciones para mantener el confort térmico dentro de un clima frío-templado, y por su coeficiente de transmisión térmica permite que en épocas calorosas el espacio se encuentre templado, y en caso de frío en la época de invierno absorbe el calor generado durante el día con el fin de irlo liberando durante la noche.

Aislamiento Ytong

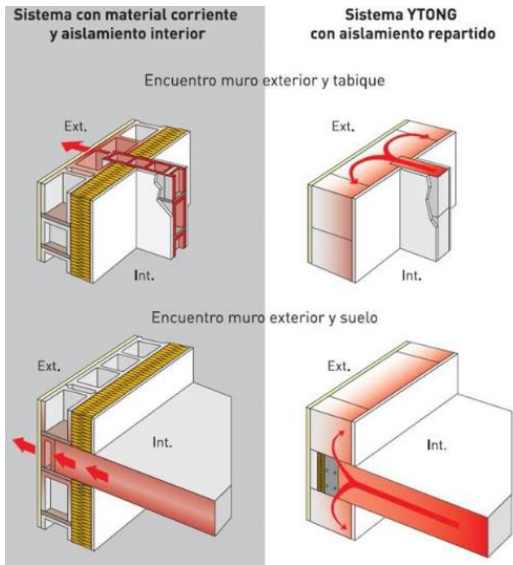


Figura 43. Sistema aislamiento Ytong. <https://www.ytong.es/>

Como ya lo hemos explicado consiste en la implementación de bloques de hormigón celular, que ayudan a generar un elevado aislamiento térmico permitiendo así mantener un confort térmico dentro del espacio, cumpliendo cada uno de los aspectos del CTE.

Nr. elem. cons.		02ud Muro de fachada			¿Aislamiento interior?	X
Inclinación del elemento:		0,10	Resistencia térmica superficial [m²K/W]		interior R _{si} :	0,10
Adyacente a:		2-Terreno			exterior R _{se} :	0,00
Superficie parcial 1	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Espesor [mm]
Aislamiento Ytong	0,200					200
Muro en concreto	2,100					210
Timber flooring	0,180	Timber	0,130			
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
91%		9,0%				41,0 cm
Suplemento al valor-U:				Valor-U:		0,833 W/(m²K)

Figura 44. Implementación de aislamiento Ytong. Programa PHPP

Como podemos observar este sistema permite una mayor conservación de temperatura dentro del espacio funcionando de manera más eficiente y generando un mayor confort térmico en comparación al sistema de aislamiento Poroton.

Por lo tanto, de los dos sistemas escogidos este es el que más aporta en cuanto a la efectividad que se requiere para hacer de la masia un lugar mucho más habitable en cualquier estación en el que se encuentre.

Cabe destacar que un inconveniente que se presenta es la invasión del espacio útil de las estancias de la masía que supone utilizar ambos materiales, pero concretamente el bloque Ytong.

Costes.

El sistema ytong es uno de los aislamientos más económicos a implementar dentro de España, ya que consiste en una construcción elaborada en seco, donde los bloques pueden llegar a ser manipulados por una sola persona ya que están machimbrados y con asas lo cual facilita su instalación. Esta se debe realizar con mortero sin necesidad de puntales y encofrados.

Con el fin de dar un coste aproximado se ha utilizado el uso de precios de rehabilitación para España, donde se nos entrega un precio de m2 de la implementación del sistema Ytong de acuerdo con las necesidades que requiere la masía.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
mt07ala250b	kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en pieza para apoyo de placa prefabricada de hormigón en hueco de forjado, compuesta por perfiles laminados en caliente de las series L, LD, T y pletina, trabajado en taller, acabado galvanizado en caliente.	1,000	2,64	2,64
mt07pfy010e	m ²	Placa armada de hormigón celular, "YTONG", de 20x62,5 cm, resistencia normalizada 5 N/mm ² , densidad nominal 600 kg/m ³ , conductividad térmica 0,16 W/(mK), flecha máxima 1/500, para aligerar forjados unidireccionales.	1,000	87,40	87,40
mt07aco010c	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	2,000	0,81	1,62
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,020	1,10	0,02
mt08cem011a	kg	Cemento Portland CEM II/B-L 32,5 R, color gris, en sacos, según UNE-EN 197-1.	7,860	0,10	0,79
mt08aaa010a	m ³	Agua.	0,006	1,50	0,01
mt01arg006	t	Área de cantera, para hormigón preparado en obra.	0,011	16,79	0,18
mt01arg007a	t	Árido grueso homogeneizado, de tamaño máximo 12 mm.	0,021	16,64	0,35
mt02bhc001d	Ud	Plaqueta de hormigón celular, "YTONG", 62,5x25x7 cm, densidad nominal 450 kg/m ³ , conductividad térmica 0,11 W/(mK), para revestir.	0,790	3,24	2,56
mt09mit065d	kg	Mortero para juntas finas, Precocel, "YTONG", compuesto por cemento blanco, cal grasa, arena silíceo y aditivo retenedor de agua a base de celulosa, de aplicación en fábricas de bloque de hormigón celular, suministrado en sacos de 25 kg, según UNE-EN 998-2.	0,185	0,57	0,11
Subtotal materiales:					95,68
2 Equipo y maquinaria					
mq07gte010f	h	Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 60 t y 58 m de altura máxima de trabajo.	0,058	113,00	6,55
mq06hor010	h	Hormigonera.	0,006	1,68	0,01
Subtotal equipo y maquinaria:					6,56
3 Mano de obra					
mo114	h	Peón ordinario construcción en trabajos de albañilería.	0,160	17,28	2,76
mo021	h	Oficial 1ª construcción en trabajos de albañilería.	0,160	18,56	2,97
mo043	h	Oficial 1ª ferrallista.	0,025	19,37	0,48
mo090	h	Ayudante ferrallista.	0,025	18,29	0,46
Subtotal mano de obra:					6,67
4 Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2,000	108,91	2,18
Costes directos (1+2+3+4):					111,09

Figura 45. Precio m2 de aislamiento de sistema Ytong

El precio por m2 es de 111,09 €, cabe recordar que este es un precio aproximado y que depende de las áreas a tratar, del coste de este material en el año que se vaya a implementar, y de la capacidad adquisitiva con el fin de poder rehabilitar energéticamente la masía.

Placas solares:

Una vez estudiado ambos materiales como posibles aislamientos térmicos en el interior de la masía y a pesar de encontrar el material Ytong más favorable que el Poroton, las dos soluciones presentan, desde mi punto de vista, algunos de los inconvenientes mencionados a continuación;

- Invasión excesiva del espacio en planta de cada estancia: El Poroton se comercializa en bloques de entre 24-49 cm de grosor y el Ytong en bloques de entre 20-42cm, el mínimo espesor en ambas soluciones ocupa con una media de un x % en planta de cada estancia. Este es el factor más desfavorable teniendo en cuenta que el espacio de las estancias en las masías es reducido y el margen de intervención muy pequeño.
- Inversión elevada como primera aproximación hacia rehabilitación energética en cuanto a aislamiento térmico.
- Dificultad de anclaje al muro original de piedra y fácil aparición de puentes térmicos en el encuentro con el forjado. También, existen menos soluciones para resolver la pérdida de energía por cubierta, sin romper con el aspecto visual tradicional. Para la cubierta, existen soluciones convencionales, que tendrían un coste económico menor, menos impacto visual, pero requerirían desmontar las tejas para colocar aislamiento.
- Estéticamente pierde la esencia de la masía catalana. Aunque la normativa no permita modificar el aspecto de la envolvente por el exterior, modificar en exceso el interior, puede romper la esencia arquitectónica de este patrimonio histórico catalán.
- No aprovechamiento de su funcionamiento estructural. Ambos materiales fueron inventados como una propuesta que juntaba el uso estructural y aislante en una sola pieza. Al trasladarlo al interior de una masía, su función estructural no es aprovechada.

Por los inconvenientes mencionados anteriormente, entre otros, opto por redirigir el foco de intervención de rehabilitación energética de la masía catalana hacia el aprovechamiento de la captación solar a través de paneles fotovoltaicos. Esta nueva

aproximación, sigue teniendo el objetivo de reducir el consumo energético, concretamente de demanda de calefacción en invierno de las masías. Creo de entrada que es una solución que como mínimo hace que la propia masía consuma la energía que genera, a través de una fuente natural, como es la radiación solar.

“La energía solar fotovoltaica (ESFV) constituye una fuente de energía renovable, la cual puede usarse en la generación de electricidad mediante el uso de paneles solares fotovoltaicos (PSFV) que convierten la radiación solar en electricidad, haciéndola aplicables a múltiples actividades de la vida.” (Carballo, 2016)

En una masía situada en el Baix Empordà, como es el caso de Molí d'en Coll, la intervención de añadir nuevos sistemas de aislamiento térmico para reducir el consumo energético y mejorar el confort, es especialmente necesario en invierno. Pues el principal inconveniente son las pérdidas de calor producido en el interior de la masía. La colocación de poroton, Ytong u otros aislamientos térmicos mejoraría las pérdidas, pero una solución para cubrir el consumo energético que genera la fuente de producción de calor es la colocación de placas solares. Pese a ser una tipología arquitectónica normalmente catalogada, y que presenta inconvenientes estéticos en sus intervenciones, se estudiará la relación de producción-consumo energético de una masía tipo, como Molí d'en Coll.

Este sistema debe venir acompañado de la implementación de recolección de energía captada dentro del lugar, “La energía solar fotovoltaica es una energía renovable, su propósito es utilizar la energía que procede del sol para transformarla en electricidad. Todo este proceso es posible gracias a los paneles solares, compuestos por células solares, las cuales reciben la radiación y la transforman en energía. En el proceso de almacenar esta energía se utilizarán baterías solares, que es el elemento más importante en la instalación de la energía solar fotovoltaica. Estas baterías serán las que almacenarán la energía durante el día y se podrá hacer uso de ella durante la noche o en los periodos de tiempo inestable, sin sol, donde las radiaciones solares no sean suficientes.” (Atersa, 2018)

Las placas solares proporcionan energía de forma instantánea, es decir, cuando hay sol, la energía que capta la placa solar se reparte de forma inmediata por la red

eléctrica de la vivienda. Este hecho invita a complementar las placas solares con un sistema de almacenamiento de energía en baterías para así poder utilizar la energía captada durante el día en horas sin sol.

Con el fin de aportar rigor a la investigación, la siguiente información ha sido facilitada por la empresa Catalana *Silence, Urban ecomobility*. Esta empresa nacida en Barcelona en 2012, aparece con el propósito de impulsar la micro movilidad eléctrica en las grandes ciudades, tanto de flotas de reparto como de particulares. Cuenta con una flota actual de tres vehículos, dos motocicletas y un nanocar que fomentan la sostenibilidad de las grandes urbes. El motor, nunca mejor dicho, de esta empresa es su batería, pues su formato extraíble permite que las baterías de los vehículos sean intercambiables en electrolinerías repartidas en puntos estratégicos de las ciudades y sus riders cargen las baterías donde les convenga. Dichas baterías han estado diseñadas con un formato extraíble, esto permite muchas ventajas a sus propietarios;

Puede cargarse en cualquier enchufe universal. Si el rider no dispone de un parking privado donde estacionar y cargar la batería, puede cargarla en su vivienda, bar, etc.



Figura 46. Sistema baterías extraíbles
Silence. www.silence.eco

El hecho que las baterías se fabriquen en un formato independiente a la moto, genera los “ battery stations “, las electrolinerías repartidas en puntos estratégicos de las ciudades, donde los riders pueden intercambiar su batería cuando se acabe la carga. Este sistema permite también adquirir la moto a precio reducido casi a la

mitad, pues se compra la moto sin su motor, y este se obtiene a través de la suscripción mensual de la batería.

Su formato camper convierte a través de un inverter, que transforma la corriente continua a alterna, la batería en un generador de hasta 3 KW de potencia, que permite la carga desde una bombilla hasta la alimentación de una caravana, foodtruck etc.



Figura 47. Sistema batería camper Silence. www.silence.eco

Finalmente, el proyecto “*silence Home*”, aun no a la venta, es el servicio que ofrecen las baterías de *Silence* más vinculado al mundo de la arquitectura y rehabilitación energética.

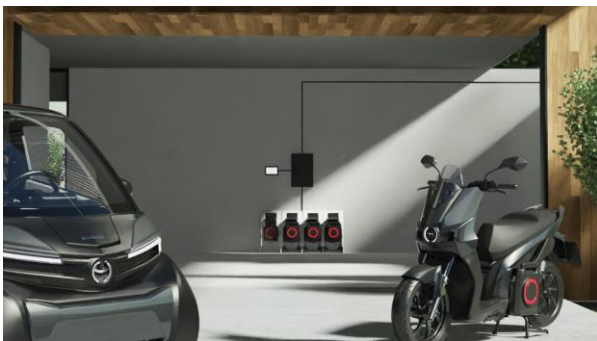


Figura 48. Sistema “*Silence Home*”. www.silence.eco

Consiste en el almacenamiento de la energía producida por las placas solares de la vivienda en la batería *silence*. A través de un inverter se transforma la corriente continua del panel solar a alterna para poderse utilizar en la vivienda.

Una vivienda estándar en España consume una media de 15 KW/hora al día y 5.475 KWh año. Una placa tiene una dimensión de aproximadamente 2x1m, y genera 1,9kw / día y 5.548 kWh /año, el gasto anual sin paneles y sin batería es 1.259,25€ ya que el precio medio del KWh en España es de 0,23€. (El promedio de consumo de una masía standard de uso continuo, este caculo se realiza teniendo en cuenta que el promedio estándar del consumo de energía de una vivienda actual es de 15 kw/dia.)

Se necesitan aproximadamente 8 placas solares por cada vivienda unifamiliar estándar, que en total producen 3200W/hora. Contando con una media de 5 horas de sol diarias, según IDAE, las ocho placas solares producen 16KW/hora al día que el consumo medio energético de una vivienda estándar.

GENERACIÓN DE TUS PANELES	CONSUMO	GASTO ANUAL SIN PANELES Y SIN BATERIA
1,9kw / día. 5.548 kWh /año.	15 kWh al día 5.475 KWh año	1.259,25€
AHORRO CON PANELES	AHORRO CON 1 BATERÍA DE 5,6KWH	AHORRO CON 2 BATERÍAS DE 5,6KWH
692,59€	470,12€	104,09€

- Consumo medio anual en una Casa unifamiliar.
- Gasto anual, precio medio del KWh en España 0,23€
- Instalación de 8 paneles solares.
- Cuando te instalas paneles solares, el 55% de la energía la consume la casa directa, solo un 45% es excedente.

SILENCE
Acciona

Figura 49. Consumo y generación paneles solares. www.silence.eco

La masía Molí d'en Coll cuenta con una actual potencia contratada de 12 KWh. En base a la factura del mes de diciembre, el consumo es de 472 KWh, es decir 15.7KWh/día, que repercute en 221.84€/mes. (0,47€/KWh) Si cada placa solar produce 400Wh, y hay una media de 5 horas diarias de sol, cada placa genera 2000W/día. Con la inversión de 8 placas solares se cubriría el consumo diario de la masía.

Según IDAE, solo el 55% de la energía producida por las placas solares se utiliza debido a que durante el día no hay tanto consumo. El 45% excedente es la energía que Silence ha conseguido no desperdiciar almacenándola en la batería para poderla usar cuando no hay sol.

En el siguiente esquema se explica la relación entre la placa solar y la vivienda a través de un sistema de batería e inverter.

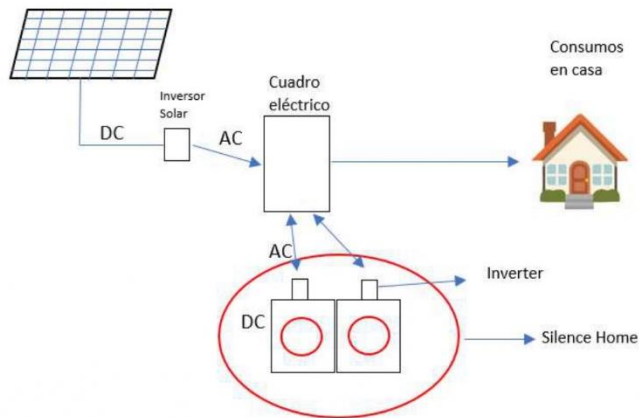


Figura 50. Esquema funcionamiento placa-batería. Elaboración propia

Una batería de Silence, contiene celdas de litio Samsung y es capaz de almacenar 5,6KWh. De los 6KW que genera la placa, 2,7KW son 45%, que es el excedente solar y se almacena en la batería. Este excedente se utiliza en las horas sin sol. Todos estos datos anteriores están basados en la media de España según IDAE.

Escojo la batería de Silence pues tras hacer un análisis de la competencia, el factor extraíble permite la flexibilidad de adaptar el almacenamiento de la energía entre la movilidad y la vivienda. A demás es la batería extraíble con más capacidad del mundo, es compatible con cualquier instalación fotovoltaica y ofrecen la mayor durabilidad porque las baterías Silence son de potencia, no de estacionario (como todas las baterías de home), por lo que aportan más resistencia y vida útil.

El coste medio de una placa solar es de 700€/ placa contando el coste de instalación y legalización. Suma un coste de 5600€ en placas solares. Cada batería de Silence tiene un coste con la instalación incluida de 2500€ + 1000€ del inverter. La inversión inicial de todo el sistema es de 9100€. Si el consumo medio anual de la masía es de 5664KWh y el KW cuesta 0,47€, el coste anual es de 2662.08€. La inversión se recupera en 3 años y medio aproximadamente. Cabe destacar que estos cálculos son aproximados y dan por sentado que la vivienda tipo o en este caso la masía

está libre de pérdidas y puentes térmicos. La colocación del sistema de captación y almacenamiento de energía complementa la intervención de rehabilitación energética basada en el aislamiento térmico de las masías catalanas.

Para constatar los costes estimados que resultan del proyecto, a continuación, se muestra una tabla orientativa de los precios de implementación de placas solares en el periodo de 2021-2022. En el caso estudiado de Molí d'en Coll, se consume una energía de 3KW.

Tamaño de la Instalación	Precio de la instalación Con IVA (21%)	Sin IVA	En €/Wp
2 kW	5.120,00 €	4.231,40 €	2,12 € por Wp
3 kW	7.280,00 €	6.016,53 €	2,01 € por Wp
4 kW	9.670,00 €	7.991,74 €	2,00 € por Wp
5 kW	12.050,00 €	9.958,68 €	1,99 € por Wp
6 kW	14.160,00 €	11.702,48 €	1,95 € por Wp
7 kW	16.170,00 €	13.363,64 €	1,91 € por Wp
8 kW	18.210,00 €	15.049,59 €	1,88 € por Wp
10 kW	22.600,00 €	18.677,69 €	1,87 € por Wp

Figura 51. Precios de implementación de placas solares periodo 2021-2022

Aunque estos costes puedan parecer elevados hay que destacar que este es un sistema que funcionara por lo menos durante 30 años de su vida útil. Cabe recordar que estos precios son aproximados y una multitud de variables pueden llegar a modificar los costes del proyecto.

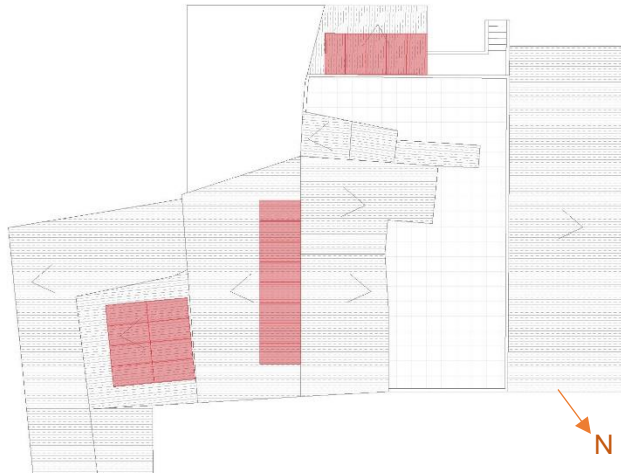


Figura 52. Posible colocación placas solares Molí d'en Coll. Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que la masía tiene una superficie de 180m² de cubierta, en el esquema anterior se aprecian las distintas opciones de colocación de las 8 placas solares orientadas a sud.

Si la normativa del Ayuntamiento correspondiente al edificio no permite la colocación de placas solares en la cubierta de las masías por tratarse de un edificio catalogado, se estudia la opción de colocar las placas solares o bien en el suelo de un campo colindante o en la cubierta de una posible pérgola para parquin de vehículos o maquinaria agrícola.

Podemos decir que con la implementación de las placas solares en su cubierta se puede realizar un consumo de energía a través de una fuente natural como la radiación solar y poder seguir teniendo el confort térmico necesario sin la necesidad de consumir un exceso de energía y ayudando por ende a reducir el impacto en el planeta.

Conclusiones

El principal objetivo de este trabajo de final de grado era poder encontrar diversas formas de intervenir este tipo de construcciones sin llegar a afectar a la estructura de las masías, con el fin de favorecer su ahorro energético en el futuro. Este trabajo es solo una pequeña aproximación a la cantidad de posibilidades que hay para implementar la rehabilitación energética en la construcción tradicional de masías, a través de un sistema que permita a las masías ser una construcción desde sus inicios más autosuficiente.

Tras estudiar las diversas técnicas que se han implementado hoy en día para la construcción de la masia catalana e investigar las diversas opciones que hay para implementar un aislamiento térmico dentro de ella que cumpla con las normas establecidas por la Certificación Enerphit y la implementación del Passivhaus, se buscaron materiales que fueran además amables con el medio ambiente y se optó por bloques de Poroton y Ytong.

Por medio de la implementación del programa PHPP o Passive House Planning Package se determinó que en cuanto a aislamientos de bloque, el sistema Ytong era el más idóneo por sus cualidades y costes a la hora de adaptar la masía para generar un mayor confort térmico en su interior.

Pese a ser una opción aparentemente positiva para resolver la pérdida de energía en los muros gruesos que presenta la masía, la colocación de estos bloques favorece la aparición de diferentes inconvenientes como; la aparición de puentes térmicos, la invasión excesiva del espacio en planta, la dificultad de anclaje al muro original, elevada inversión inicial, rotura del carácter patrimonial, etc. Por ello el trabajo mantuvo el objetivo de reducir el consumo energético, pero se redirigió el foco de intervención hacia el aprovechamiento de la radiación solar en paneles fotovoltaicos.

Cabe destacar que no se ha optó por conseguir cumplir con los valores que exige el estándar EnerPhit a través de soluciones alternativas localizadas como la mejora de la carpintería, la incorporación de un sistema de ventilación, etc. Pues la

intención fue seguir buscando, en esta primera aproximación, un sistema que redujese o compensase la energía consumida con una intervención.

Con la colocación de placas solares se consiguió aprovechar la cubierta de la masía, si la normativa municipal lo permite, para lograr captar la mayor energía posible y así conseguir que la masía consuma la energía que produce. Dicha energía se almacena en unas baterías para poder conseguir un consumo nulo de la red eléctrica, aprovechando así la energía captada durante el día por la noche.

Tomando como referencia de masía tipo Molí d'en Coll, la intervención mediante ocho placas solares y una batería de la empresa Silence, pues entre otras ventajas, es compatible con todas las marcas de placas solares, se consiguió cubrir el consumo energético con un coste aproximado de 9100€ y su recuperación en tres años y medio.

Pese a no haberse podido demostrar una solución de aislamiento térmico que encaje de manera económica, constructiva y sostenible y sea extensible a la gran mayoría de masías catalanas. La implementación de los sistemas propuestos genera un fuerte vínculo entre la construcción de tipo tradicional de las masías y las intervenciones realizadas bajo el sistema EnerPHit, basado en el estándar Passivhaus.

Además, la incorporación de placas solares supone una primera aproximación que mejora la eficiencia energética del edificio y es económicamente mas asequible. Una vez amortizada la inversión, invita a intervenir en base al estándar EnerPHit

Para finalizar, teniendo en cuenta la emergencia climática y energética en la que nos encontramos, debemos centrarnos en la arquitectura enfocada en los conceptos de sostenibilidad y conseguir que las construcciones aprovechen los recursos de su entorno inmediato para crear el menor impacto posible y generar el mínimo consumo. Esta modernización no solo mejora las condiciones de confort y salud de los usuarios, sino que contribuye al cambio climático.

Bibliografía

- AMB Area metropolitana de Barcelona . (2017). PE del Catalogo de masias, casas rurales y otras edificaciones . *Preexistencias y señales con valores patrimoniales ambientales e historicos en el territorio rural* , 20-170.
- Armado salvador . (2018). Guia tecnica. El hormigon celular ythonh, material de construccion . *Ythong*, 20-139.
- Arquitectos, E. (28 de 07 de 2017). *Energiehaus expertos arquitectura Passivhaus*. Obtenido de <https://www.energiehaus.es/passivhaus/funcionamiento-una-passivhaus/#diseno>
- Arquitectos, E. (14 de 05 de 2021). *Energiehaus Arquitectos SL - Arquitectura de Edificios Pasivos y formación*. Obtenido de <https://www.energiehaus.es>
- Arquitectos, E. (14 de 05 de 2021). *Energiehaus Arquitectos SL - Arquitectura de Edificios Pasivos y formación*. Obtenido de <https://www.energiehaus.es>
- Arquitectura bioclimatica . (2021). *Eadic*, 20-65.
- Atersa. (23 de noviembre de 2018). *Como se almacena la energia solar fotovoltaica*. Obtenido de <https://atersa.shop/como-se-almacena-la-energia-solar-fotovoltaica/>
- Badiota, G. B. (2008). Materiales de construccion . *Universidad de Alcala, Escuela tecnica superior de Arquitectura* , 10-36.
- Bastian , Z., Arnautu, D., & Geiger , C. (2020). Guia para la certificacion de edificios. *Plataforma de edificacion Passivhaus*, 10-81.
- Biosca, M. (2022). *L'ESTÀNDARD ENERPHIT: Viabilitat de la implementació dels valors Passivhaus en una rehabilitació*.
- Buenaventura Boada, O., & Robledillo, F. (2010). Estudio y levantamiento arquitectonico de la masia de can carrigosa de matadepera. *Universidad Politècnica de Catalunya · Barcelona Tech - UPC*, 20-47.

- Carballo, G. A. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generacion de energia electrica, REDVET . *Revista Electronica Vol. 17 N. 9*, 1-4.
- Chong Garduño, M., Carmona Olivares, A., & Pérez Hernández, M. (2012). El análisis de sitio y su entorno en el desarrollo de proyectos arquitectónicos y urbanos. *Rua. repositorio institucional de la Universidad de Alicante*, 15-35.
- Cortes, A. M. (2017). Propuesto de intervencio para la rehabilitacion de la masia "el Morron". *Escuela Universitaria Politecnica-La almunia, Centro abscrito, Universidad de Zaragoza*, 1-429.
- ecomobility, S. U. (s.f.). *Silence Urban Ecomobility*. Obtenido de <https://www.silence.eco/>
- Estrada, F., Font, G., Mateu, J., Pujadas , S., Roige, X., & Tura, J. (2018). *El "mas" en el montseny* . Madrid: Narria.
- Europeo, P. (2010). *Directiva 2012/31/UE del Parlamento y de Consejo Europeo (19 Mayo 2010) Relativa a la eficiencia energética de los edificios*.
- Gil, C. O. (2018). Herramienta de cálculo buscador de Soluciones Termoarcilla. Artículo técnico. *Onhaus*, 20-80.
- Guifre Dalmau , C., & Moreno Garcia , A. (2012). Las masias de el Gironres y la serva, elementos defensivos en el "mas" del bajo ampurdan . *Narria* , 10-23.
- Heredia Bercero , J., & Macias Sole , J. (2012). Técnicas constructivas en la Tarraconensis durante la Antigüedad Tardía. Planteamientos y estrategias de investigación para una propuesta de síntesis. *Museu d'Història de Barcelona*, 10-288.
- Hormigón celular: eficiencia, sostenibilidad y ecológico*. (08 de 06 de 2021). Obtenido de <https://www.ytong.es/>
- Manual de apliacion de la inercia termica . (2019). *Instituto español del cemento y sus aplicaciones* . Asociacion de sostenibilidad y arquitectura .

- Marti, J. S. (2015). La arquitectura de la piedra en seco . *Universitat per a majors,segundo ciclo* , 20-43.
- Palomo, M. (2017). Aislantes termicos. criterios de seleccion por requisitos energeticos. *Universidad politecnica de Madrid.Escuela tecnica superior de arquitectura* , 10-75.
- Passive House Institute . (2018). Criterios para los estandares Casa pasiva, Enerphit y PHI Edificio de baja demanda energetica. *Passive House Institute* , 44-89.
- Passive House Institute . (2020). Guia para la certificacion de edificios . *Passive House Institute* , 20-71.
- Patxot, R. (2012). Estudi de la masia . *Revista d'Etnologia de Catalunya* , 20-25.
- Pitarch Barrachina , S., & Palomino Ramirez, R. (219). Diagnosis y rehabilitacion de "la masia" de masquefa . *Arquitectura tecnica,escuela politecnica superior de edificacion de Barcelona* , 10-69.
- Planas, J. (2008). Instituto agricola Catalan de San Isidro y la organizacion de los intereses agrarios . *University of Barcelona* , 13-45.
- Rey, M. d. (2018). Josep Danes y la clasificacion de las casas catalanas . *Materials per l'Estudi de la Masia* , 20-25.
- Rossi, A. (2018). Teoría del proyecto de Aldo Rosi. *Arquitecturas* , 1-3.
- Solà, J. M. (2011). Arquitecto, un estudio de caso al servicio de la historia social de las profesiones liberales en Cataluña. *Revista bibliografica de geografia y ciencias sociales* , 25-68.
- Vila, J. C. (2019). La masia: Una mirada retrospectiva hacia la contemporaneidad . *Universidad politecnica de Cataluña.Barcelona. España* , 10-14.
- Wassouf, M. (2019). *De la Casa Pasiva al Estándar Passivhaus. La Arquitectura Pasiva en Climas Cálidos*. Barcelona: Gustavo Gili S.L.

