



CURSO: 2013/2014

11 Julio 2014

# La vivienda sostenible

Trabajo final de grado

Autora: Beatriz Santa-Cruz Hellín

Tutora académica: Aurora María Martínez Corral



Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación

Universidad Politécnica de Valencia



## Resumen

En la actualidad, aspectos tales como el cambio climático, la destrucción de la capa de ozono o la escasez de energía no renovable, están haciendo mella cada vez más en la naturaleza y, por ende en la sociedad. Se intenta buscar soluciones a dichos problemas de forma variada y cada vez con mayor insistencia, ya que el deterioro ambiental comienza a valorarse en su justa medida. El sector de la construcción no es ajeno a esta problemática y comienza a ser también bastante sensible con el medio ambiente mediante, por lo que con la creación de viviendas sostenibles y eficientes, el empleo de materiales reciclados y renovables y el uso e integración de las energías renovables en las edificaciones, se enmarca y define la lucha a favor de la preservación del medio natural.

A lo largo de este trabajo se van a desarrollar y definir las características básicas que deba cumplir una vivienda para que sea sostenible, así como los materiales y sistemas constructivos más adecuados para su ejecución. También se hablará de las distintas energías renovables más apropiadas, así como de los sistemas para el ahorro de agua, electricidad, etc. Todo esto se comprobará finalmente “de facto” con la ejecución de una vivienda sostenible ubicada en la provincia de Cuenca.

**Palabras clave:** casa ecológica, eficiencia energética, materiales sostenibles, sistemas constructivos ecológicos, sostenibilidad.

*Currently, issues such as the climate change, the destruction of the ozone layer or the scarcity of non-renewable energy are increasingly having a major impact on nature and thus in society. It tries to find solutions to these problems in a varied and more insistent way, as environmental degradation begins to be valued in proportion. The construction industry is no stranger to this problem and also begins to be quite sensitive to the environment, so with the creation of sustainable and efficient homes, the use of renewable and recycled materials and the use and integration of renewable energy in buildings, is framed and defined the struggle for the preservation of the natural environment.*

*Throughout this work the basic features required to fulfil housing to be sustainable are going to be developed and defined, as well as the materials and construction systems for execution. It will also discuss the most appropriate renewable energy sources and systems for saving water, electricity, etc.. All this will be finally checked with the implementation of a sustainable home located in the province of Cuenca.*

**Keywords:** green home, energy efficiency, sustainable materials, green building systems, sustainability.

## Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecerle a la tutora de este trabajo final de grado, María Aurora Martínez Corral, la oportunidad que me ha dado para realizar este trabajo y por estar pendiente de mi en todo momento.

A mi familia, por confiar en mí y estar conmigo en todos los momentos, tanto los buenos como los malos, y por empujarme y animarme a seguir , y en especial a mi padre, porque ha sabido orientarme y enseñarme cuando lo he necesitado.

Y por último, a José Damián Algarra por haber sacado tiempo cuando no lo tenía para poder ayudarme durante estos años y por haber estado a mi lado y haberme apoyado, sobre todo en los malos momentos.

## Acrónimos utilizados

**ACS:** Agua caliente sanitaria.

**APP:** Polipropileno atáctico

**CFC:** Clorofluorocarburos.

**EMAS:** Eco-Management and Audit Scheme, o Reglamento Comunitario de Ecogestión y Ecoauditoría.

**EPDM:** Terpolímero de etileno-propileno-dieno no conjugado

**EPS:** Poliestireno expandido.

**FSC:** Forest Stewardship Council.

**HCFC:** hidroclorofluorocarburos

**PE:** Polietileno.

**PEFC:** Programme for the Endorsement of Forest Certification Programa de reconocimiento de Sistemas de Certificación Forestal)

**PP:** Polipropileno.

**PUR/PIR:** Poliuretano.

**PVC:** Policloruro de vinilo.

**RCD:** Residuos de construcción y demolición.

**REI:** Resistencia al fuego de los elementos

**SBS:** estireno-butadieno-estireno

**SGMA:** Sistema de gestión medioambiental.

**UNE:** Una Norma Española

**UV:** Rayos Ultravioleta

**XPS:** Poliestireno extruido.

# Índice

Resumen .....	3
Agradecimientos.....	4
Acrónimos utilizados .....	5
Índice .....	6
Referencia de imágenes .....	9
Referencia de figuras.....	10
Referencias de tablas.....	11
Capítulo 1.....	12
Aspectos generales.....	12
1. ¿Qué es la vivienda sostenible?.....	12
2. Criterios generales.....	12
3. Estrategias de diseño.....	13
4. Conclusión .....	16
Capítulo 2.....	17
Materiales y sistemas empleados en la construcción .....	17
1. Introducción .....	17
1.1. Características principales .....	17
2. Tipos de materiales empleados en la construcción .....	18
2.1. Maderas.....	18
2.2. Pétreos.....	20
2.3. Metales .....	23
2.4. Pinturas.....	24
2.5. Sintéticos .....	24
2.6. Aislantes.....	26
2.7. Otros .....	27
3. Materiales sostenibles y sistemas constructivos seleccionados .....	29
3.1. Cimentación.....	29
3.2. Primer forjado. Forjado sanitario .....	30
3.3. Forjado planta baja y cubierta.....	34
3.4. Recubrimiento exterior de la cubierta .....	40
3.5. Cerramientos .....	41
3.6. Particiones interiores.....	43
3.7. Carpintería .....	46
3.8. Revestimientos .....	47

3.9. Instalaciones .....	49
3.10. Impermeabilización .....	49
3.11. Aislamiento .....	50
4. Conclusión .....	52
Capítulo 3.....	53
Instalaciones .....	53
1. Instalaciones eléctricas.....	53
2. Instalaciones de iluminación .....	54
3. Instalaciones de climatización .....	54
4. Saneamiento.....	55
5. Agua.....	58
6. Conclusión .....	59
Capítulo 4.....	60
Energías renovables en viviendas.....	60
1. Placas solares de ACS.....	60
2. Placas fotovoltaicas .....	61
2.1. Componentes .....	62
2.2. Mantenimiento.....	63
2.3. Ventajas e inconvenientes.....	63
2.4. Instalación de la energía solar en la vivienda objeto de estudio.....	63
2.5. Cálculo de la superficie de placas fotovoltaicas necesarias .....	64
3. Biomasa .....	65
4. Conclusión .....	66
Capítulo 5.....	67
Descripción de la vivienda objeto de estudio.....	67
1. Emplazamiento y plano de situación.....	67
2. Descripción de la parcela y su entorno. ....	68
3. Descripción de la vivienda. ....	69
Conclusiones finales .....	71
Bibliografía.....	75
Glosario de términos .....	77
Anexo I.....	78
Normativa .....	78
Anexo II.....	79
Mapas climáticos y tablas normativa .....	79
Anexo III.....	81
Fichas técnicas y catálogos de los materiales empleados.....	81

Anexo IV.....85

Planos vivienda.....85

## Referencia de imágenes

<i>Imagen 1.</i> Maderas sostenibles.....	18	
<i>Imagen 2.</i> Cantera de yeso .....	20	
<i>Imagen 3.</i> Extracción de arcilla.....	21	
<i>Imagen 4.</i> Carpintería de aluminio	<i>Imagen 5.</i> Armaduras de acero para construcción .....	24
<i>Imagen 6.</i> Tubería de PVC .....	25	
<i>Imagen 7.</i> Tubería de PE.....	26	
<i>Imagen 8.</i> Lana de roca	<i>Imagen 9.</i> Lana de vidrio .....	27
<i>Imagen 10.</i> Aislante térmico de corcho	<i>Imagen 11.</i> Pavimento de corcho .....	27
<i>Imagen 12.</i> Filtro de cáñamo en banda.	<i>Imagen 13.</i> Bloque estructural aislante de cáñamo .....	28
<i>Imagen 14.</i> Pavimentos de linóleo .....	28	
<i>Imagen 15.</i> Ejecución de forjado sanitario con módulos de PP .....	31	
<i>Imagen 16.</i> Tapa perimetral .....	31	
<i>Imagen 17.</i> Forjado de madera compuesto de vigas y cañizo .....	36	
<i>Imagen 18.</i> Forjado de madera compuesto de rollizos y vigas. ....	36	
<i>Imagen 19.</i> Artesonado de madera.....	37	
<i>Imagen 20.</i> Distintas piezas de los forjados prefabricados. La básica, con aislamiento acústico y con paneles perforados. ....	37	
<i>Imagen 21.</i> Piezas laminadas de madera .....	38	
<i>Imagen 22.</i> Pieza kielsteg .....	38	
<i>Imagen 23.</i> Ladrillo revestido de escayola .....	44	
<i>Imagen 24.</i> Puesta en obra de lámina impermeable EPDM .....	49	
<i>Imagen 25.</i> Bases de enchufe de porcelana y baquelita .....	53	
<i>Imagen 26.</i> Inodoro seco.....	58	
<i>Imagen 27.</i> Entramado de lamas orientables con placas fotovoltaicas integradas. ....	64	
<i>Imagen 28.</i> Precipitación media anual en España.....	79	
<i>Imagen 29.</i> Mapa zonas climáticas de España y radiación solar .....	79	

## Referencia de figuras

<i>Figura 1.</i> Disposición de aperturas y orientación fachadas.....	14
<i>Figura 2.</i> Soleamiento. Caso desfavorable .....	15
<i>Figura 3.</i> Soleamiento. Caso favorable.....	15
<i>Figura 4.</i> Relación % escorias 4-10mm empleadas con resistencias de hormigón correspondientes.....	22
<i>Figura 5.</i> Detalle constructivo de forjado sanitario con módulos de PP .....	30
<i>Figura 6.</i> Forjado de madera compuesto de vigas y tablero superior .....	35
<i>Figura 7.</i> Forjado de madera compuesto de bovedillas de ladrillos .....	35
<i>Figura 8.</i> Forjado de madera compuesto por rasillas de ladrillo.....	36
<i>Figura 9.</i> Forjado prefabricado planta 1.....	39
<i>Figura 10.</i> Medidas ladrillo revestido de escayola. ....	44
<i>Figura 11.</i> Placas de yeso laminado.....	44
<i>Figura 12.</i> Sistema de recogida de aguas pluviales .....	55
<i>Figura 13.</i> Sistema de reciclado de aguas grises .....	57
<i>Figura 14.</i> Sistema de reciclado de aguas grises localizado .....	57
<i>Figura 15.</i> Sistema de ACS mediante colectores solares.....	60
<i>Figura 16.</i> Funcionamiento de la célula fotovoltaica .....	62
<i>Figura 17.</i> Funcionamiento de la energía solar fotovoltaica.....	63
<i>Figura 18.</i> Generación de la energía biomasa .....	65
<i>Figura 19.</i> Caldera de biomasa .....	66
<i>Figura 20.</i> Plano de situación .....	67
<i>Figura 21.</i> Plano de emplazamiento.....	68
<i>Figura 22.</i> Parcela donde se ubica la vivienda objeto de estudio. ....	68

## Referencias de tablas

Tabla 1. ....	29
Tabla 2. ....	32
Tabla 3. ....	33
Tabla 4. ....	34
Tabla 5. ....	39
Tabla 6. ....	40
Tabla 7. ....	41
Tabla 8. ....	45
Tabla 9. ....	47
Tabla 10. ....	48
Tabla 11. ....	50
Tabla 12. ....	51
Tabla 13. ....	61
Tabla 14. ....	64
Tabla 15. ....	70
Tabla 16. ....	70
Tabla 17. ....	70
Tabla 18. ....	80
Tabla 19. ....	80
Tabla 20. ....	80

# Capítulo 1

## Aspectos generales

### 1. ¿Qué es la vivienda sostenible?

Una vivienda *sostenible*<sup>1</sup> es aquella que es eficiente y a la vez respetuosa con el medio ambiente, ahorra energía, agua y recursos y reduce la contaminación. Este tipo de arquitectura minimiza el impacto medioambiental que tienen los edificios sobre el entorno geográfico, podríamos decir que es una vivienda que se encuentra en consonancia con la naturaleza. Para que sea sostenible debe ser una vivienda *bioclimática*<sup>2</sup>, es decir, que intenta aprovechar al máximo las condiciones de la naturaleza para reducir todo lo posible las necesidades energéticas.

No solo hay que tener en cuenta los materiales utilizados para su construcción, tales como materiales reciclados o con un bajo consumo energético, sino también, se debe adoptar una serie de criterios de diseño y, tener en cuenta el entorno donde se va a construir, aprovechando las ventajas que nos otorga la naturaleza: suelo, vegetación o las diferentes condiciones climáticas del lugar, obtendremos una casa bioclimática que sería el ideal de la vivienda sostenible.

### 2. Criterios generales

#### *Zona climática*

Lo primero que debemos preguntarnos es ¿dónde está la vivienda?

Este aspecto podría ser el más importante ya que va a ayudar a reducir gastos futuros y aprovechar mejor el calor y la luz solar. La vivienda debe adaptarse al entorno; como se trata no de cualquier vivienda, sino de una que sea sostenible, se necesita tener en cuenta en primer lugar: el clima; ya que éste será determinante para la construcción y, por otra parte, también hay que observar cual será la orientación más favorable al objeto de realizar la obra en función a estos parámetros.

Se debe conocer el entorno exacto geográfico para que en el solar sobre el que se va a construir se pueda explotar en toda su dimensión, conociendo previamente todas las posibilidades que ofrezcan los recursos naturales para su aprovechamiento, y así, poder invertirlos en la construcción de la futura vivienda.

#### *Orientación*

Hay que orientar la vivienda para que tenga una buena ventilación e iluminación natural al objeto de reducir los aparatos de climatización o lumínicos y con ello conseguir una mayor eficiencia energética.

Lo ideal es que las fachadas con mayor superficie se encuentren orientadas al norte y sur. En esta última orientación se obtendrán aportaciones solares en invierno y moderadas en verano; la radiación solar al mediodía incide verticalmente, lo que conlleva una fácil protección; pero el sol de la mañana y de la tarde, que es más difícil de evitar, incide en menor medida. Sin embargo en las fachadas orientadas al norte se tendrían pérdidas térmicas y lumínicas, por lo que las aberturas aquí serán mínimas para conseguir este objetivo. Una vivienda orientada al este o al oeste obtiene una cantidad semejante de radiación solar casi tanto en verano como en invierno, no obstante en las fachadas que se encuentren orientadas al oeste se deben de reducir las aberturas debido a los posibles sobrecalentamientos que se puedan generar.

### *Vegetación*

La vegetación es un factor a tener en cuenta y lo más correcto sería utilizar la autóctona que se implantaría en el exterior de la vivienda, también sería interesante utilizar diversas especies que tuviesen las condiciones adecuadas al clima del entorno, lo que favorecería su rentabilidad económica dado su escaso o nulo mantenimiento.

Hay que tener un especial cuidado con el tipo de vegetación elegida puesto que hay algunas especies, como por ejemplo el césped, que requieren un elevado consumo de agua para su mantenimiento, además este tipo de vegetación también colabora con el aumento de la humedad, pudiendo ser perjudicial para la construcción sobre todo si nos encontramos en un clima húmedo o beneficioso si estuviéramos en uno seco.

También se puede jugar con las especies de hoja perenne y caduca para crear sombras y proteger la fachada de sobrecalentamientos puntuales o estacionales o bien durante todo el año.

### *Energías renovables*

Energía solar, con la utilización de placas fotovoltaicas y colectores solares para el ACS y calefacción.

Energía eólica, se debe de hacer un estudio previo.

Las energías renovables se explicaran más adelante, en el Capítulo 4 Energías renovables.

### *Materiales sostenibles*

Optar por los materiales que se van a emplear es muy importante ya que una mala elección puede hacer que haya pérdidas energéticas o que sean contaminantes para el medio ambiente.

Deben ser materiales no tóxicos, renovables, biodegradables o reciclables.

Es importante la utilización de materiales de la zona en la que se va a construir, con ello se minimizaría el consumo energético debido a la facilidad del transporte.

Los materiales que se reseñan están explicados más profusamente en el siguiente capítulo.

## **3. Estrategias de diseño**

### *Diseño exterior*

La forma de la vivienda debe ser tal que reduzca las pérdidas de calor en invierno y lo proteja del mismo en verano. Por ejemplo, colocar un simple árbol de hojas perennes o un alero hacen que la casa no se caliente en verano.

#### *Envolvente térmica:*

La envolvente térmica es un factor muy importante puesto que ésta debe de ser eficiente para que se produzca una reducción de la demanda energética. Se debe maximizar la industrialización de elementos para que estos sean de mayor calidad y resulte a su vez más económico.

Deberá estar exenta de puentes térmicos y garantizar el confort climático en el interior tanto en verano como en invierno.

La cubierta es el punto más débil del edificio, debido a que recibe más radiación en verano que el resto de los elementos que conforman la vivienda. Para solucionar este problema se podría realizar una cubierta ventilada evitando así el sobrecalentamiento o también se podría optar por la colocación de placas solares que sirven de parasol y además aportan energía.

La ejecución de tejados verdes mejora la calidad del aire y favorece el contacto con la naturaleza de esta manera el medio ambiente se ve favorecido. Además incrementa la eficiencia energética de la vivienda así como su aislamiento tanto térmico como acústico y aumenta el ciclo de vida de las láminas impermeabilizantes. Esta técnica de ejecución de cubierta se explicará más detalladamente en el Capítulo 2 punto 3.4. Cubierta.

Finalmente, hay que reseñar que el color de la fachada es un factor importante que se conjugaría con su estética, y con la inferencia ulterior de su *confort térmico*<sup>3</sup> máxime si tenemos en cuenta que influye en la absorción solar.

#### Ventanas:

Las ventanas cenitales son útiles puesto que se facilitan la salida al exterior del calor ascendente, generando un clima interior más confortable, fundamentalmente en verano.

Se deben poner en la parte norte de la casa ventanas dobles y aberturas pequeñas, al objeto de minimizar el efecto de umbría que provocaría mayores pérdidas térmicas; mientras que en la fachada sur es siempre conveniente instalar grandes ventanales para que entre el calor.

Favorecer la ventilación natural cruzada es importante, para ello se tiene que colocar una serie de ventanas en zonas opuestas de la vivienda, siempre y cuando estén comunicadas, tal y como se puede observar en la figura de abajo.

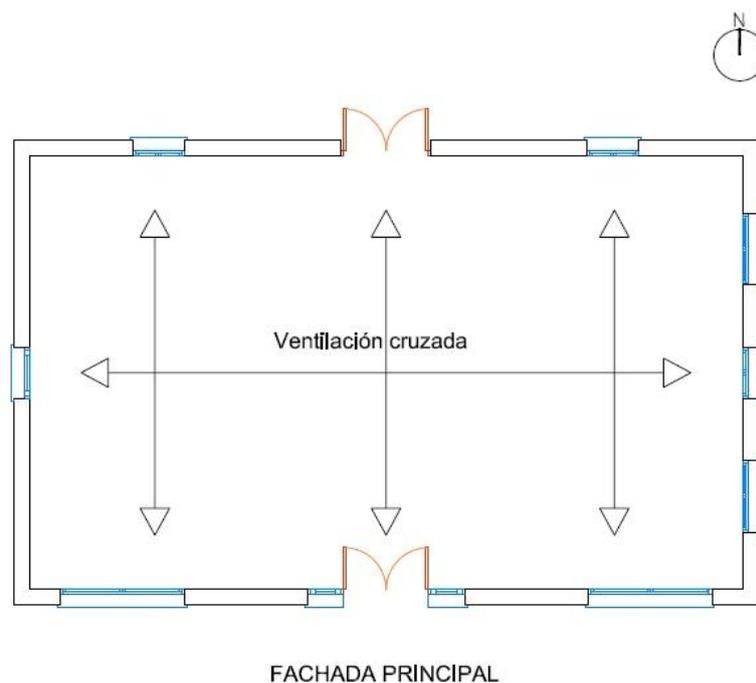


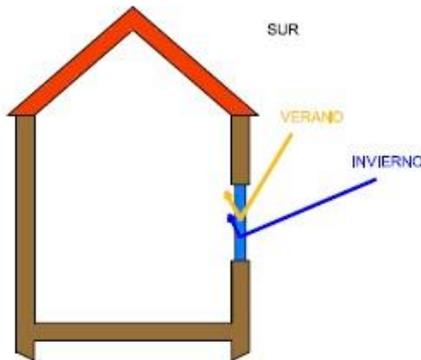
Figura 1. Disposición de aberturas y orientación fachadas.

#### Soleamiento:

Se entiende por soleamiento a la acción de permitir o no el paso del sol en el interior de una vivienda.

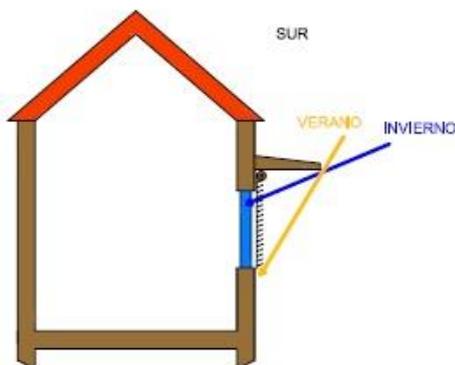
Existen tres tipos de radiaciones solares: directa, difusa y reflejada, siendo la primera la más peligrosa. Las fachadas orientadas al sur tienen una mayor radiación en invierno y menos en verano (es más fácil de proteger), mientras que las que se encuentran orientadas al este y oeste ocurre lo contrario. En la fachada norte no hay radiación directa pero sí reflejada y se debe tener en cuenta, sería conveniente que las protecciones fueran manipulables para permitir el paso del sol en invierno y lo proteja en verano.

A parte de la orientación hay otras medidas secundarias para proteger las fachadas del sol, tales como: la colocación de elementos fijos e integrados en la vivienda (como aleros o voladizos) son preferibles a los elementos móviles (como toldos, lamas o persianas); por lo que dentro de estos últimos los más adecuados son las lamas móviles orientables, ya que se pueden colocar en la mejor posición para obtener ganancias solares y térmicas según la época del año. Hay que tener especial cuidado en la instalación de persianas ya que una mala ejecución puede producir filtraciones de aire y humedad, así como la generación de puentes térmicos. Una adecuada combinación de elementos fijos y móviles hace que se reduzca la carga solar producida en verano.



En verano el sol entra directamente, necesita protección solar para que no se produzca sobrecalentamiento

Figura 2. Soleamiento. Caso desfavorable



Al colocar las protecciones solares, en verano no incide el sol directamente mientras que en invierno sí.

Figura 3. Soleamiento. Caso favorable

### Diseño interior

#### Zonas húmedas:

La instalación de las zonas húmedas debe hacerse lo más próxima posible para evitar la colocación de instalaciones innecesarias, esto es una medida que rentabilizaría económicamente la vivienda.

#### Particiones:

La instalación de soluciones con un fácil montaje y desmontaje de los paramentos interiores hace que se puedan adaptar a otros usos futuros según las necesidades o intereses de los usuarios, permitiendo además el paso de instalaciones; para ello, las mejores soluciones son las prefabricadas, como por ejemplo "el pladur".

Otros materiales a considerar para la ejecución de los paramentos serían las piezas de gran formato ya que mejoran el rendimiento de la ejecución de la obra, también se pueden utilizar piezas con acabado de yeso incorporado o totalmente de escayola ya que aparte de mejorar el rendimiento reducen las mermas de mortero.

Se debe tener en cuenta que para la colocación de este tipo de particiones se necesita personal especializado y se tiene que garantizar el aislamiento acústico entre los distintos espacios.

Los espesores de las paredes serán mayores o iguales a 6 cm para la separación de zonas de usos similares puesto que con un espesor menor no se podría garantizar los aislamientos mínimos que se establecen legalmente. Para zonas de distintos usos será como mínimo de 15 cm.

#### *Techos:*

La colocación de cielos rasos para el paso de instalaciones en las zonas húmedas y de distribución hace que se tenga un espacio registrable y así la reparación y mantenimiento de las mismas es más fácil.

#### *Carpintería interior:*

En cuanto a la carpintería interior si colocamos la estandarizada obtendremos un mejor rendimiento en la obra desde el punto de vista temporal y un beneficio económico que redundaría en el precio final de la vivienda.

#### *Sistemas para el ahorro energético y consumo de agua.*

Para cumplir con este objetivo se hace necesaria la utilización de sistemas lo más autosuficientes y económicos como sea posible; estos sistemas deben ser prioritariamente aquellos que no se agoten.

Se pueden recolectar las aguas pluviales, mediante un sistema de filtración y almacenamiento en un tanque, para usos en los que no se requiera agua potable, como por ejemplo: duchas y lavabos.

Respecto al reciclaje de las aguas grises, procedentes de duchas y lavabos, hay que tener en cuenta que deben ser tratadas y almacenadas, para su ulterior reutilización en cisternas.

Utilización de placas solares para ACS, como se ha comentado anteriormente.

Depuración natural de las aguas mediante plantas palustres

También es importante utilizar electrodomésticos de bajo consumo y aparatos sanitarios con ahorro de agua, como los sistemas biológicos a base de “inodoros secos”.

Las instalaciones están definidas en el Capítulo 3 Instalaciones.

## 4. Conclusión

Desde mi punto de vista, una vivienda sostenible no solamente es aquella que es eficiente, sino que tiene en cuenta otros muchos factores y elementos que inciden en esta tipología. La vivienda sostenible debe respetar el medio ambiente en todo su ciclo, es decir, desde su construcción hasta el final de su vida útil; también debe pensarse en la adecuada gestión de los residuos; así como, en la buena elección de los materiales seleccionados para su ejecución, puesto que ellos son el aval que garantiza la eficiencia energética de la vivienda.

Sin embargo, uno de los aspectos más importantes sería la sensibilización social. Debemos de concienciar a las personas de la importancia capital que tienen este tipo de edificaciones y de cómo controlar de manera más eficiente su consumo interior. Por ejemplo mediante el uso de los electrodomésticos de bajo consumo.

Hoy día, en nuestro país este tipo de construcciones son bastante escasas y, respecto a otros países mantenemos un apreciable retraso por lo que se hace necesario y es de vital importancia la sensibilización social, al objeto de poder avanzar lo máximo posible en este campo, lo que a la postre redundaría en beneficio de todos.

## Capítulo 2

# Materiales y sistemas empleados en la construcción

## 1. Introducción

Los materiales sostenibles son aquellos que duran a lo largo del tiempo, tienen un bajo mantenimiento y no son perjudiciales para el medio ambiente. No son contaminantes, se pueden reciclar y tienen un bajo consumo energético. Este contenido energético se calcula desde que el material es extraído hasta que es colocado en obra. Por ejemplo, no es lo mismo una madera que venga de Portugal o que tenga un origen desconocido a una que proceda del mismo lugar en el que vamos a construir.

Debemos utilizar materiales que vengan preferiblemente de recursos naturales, que tengan emisiones tóxicas bajas y que sean fácilmente desmontables para su reciclado después de su vida útil.

A primera vista se podría decir que los materiales sostenibles tienen más inconvenientes que ventajas debido al gran coste inicial pero a largo plazo podemos observar que ocurre lo contrario:

### Ventajas

- I. Reducción de residuos. Debido al reciclado de los materiales y su posterior reutilización.
- II. Consumo de energía bajo. Ésta es una de las características principales de los materiales sostenibles. Los materiales pétreos y las maderas tienen un mejor comportamiento energético que los metales y plásticos.
- III. Medio ambiente saludable. Los materiales sostenibles no son tóxicos ni contaminantes como algunos materiales tradicionales. El hierro altera el campo magnético, los aislantes como la lana de roca o la espuma de poliuretano desprenden partículas nocivas y acumulan energía estática, el zinc emite sustancias nocivas al igual que otros metales pesados.
- IV. Menor consumo de recursos naturales. Esta ventaja es bastante interesante debido a la sobreexplotación que se está produciendo de los recursos procedentes de energías no renovables, por lo tanto la utilización de materiales reciclados o que provengan de energías renovables hacen que el consumo de los recursos naturales sea menor.
- V. Presupuesto a largo plazo. Resultan rentables a largo plazo ya que hacen que la vivienda sea más eficiente.

### Inconvenientes

- I. Presupuesto a corto plazo. Estas construcciones suelen ser más caras al principio ya que este tipo de materiales son más difíciles de encontrar y por lo tanto son más caros.
- II. Diseños y métodos de construcción especializados en algunos materiales sostenibles.
- III. Los materiales más ecológicos no tienen por qué ser siempre los más duraderos y eficientes, por lo que se debe buscar un punto intermedio para que no haya pérdidas energéticas.

### 1.1. Características principales

Para resumir lo anteriormente citado, los materiales sostenibles tendrán las siguientes características:

Bajo consumo energético.

Naturales o poco elaborados.

Inocuos para la salud de los habitantes.

No tóxicos.

Reciclables, biodegradables o reutilizables.

Duraderos.

## 2. Tipos de materiales empleados en la construcción

### 2.1. Maderas

La madera es un material renovable y reciclable al final de su ciclo de vida. Este material será sostenible siempre y cuando tengan un certificado de origen y sean procedentes de una explotación sustentable.

Hoy en día existen varios sistemas de certificación como el sello forestal (FSC) o PEFC, son internacionales y garantizan que la extracción de la madera se ha ejecutado de una manera sostenible y sin poner el peligro el ecosistema existente. FSC es una organización global, sin ánimo de lucro, cuyo objetivo es fomentar una administración responsable de los bosques. El 1 de enero de 2013, FSC aprobó la Evaluación de Riesgo de Madera Controlada para la Península Ibérica la cual cubre todos los tipos de bosques. Se puede demandar cualquier producto de madera con este tipo de sello. PEFC es una entidad no gubernamental que promueve la gestión sostenible de los bosques, en España PEFC ha implantado un “Sistema Español de Certificación Forestal PEFC”, compuesto por el Documento Técnico Español y las Normas UNE de Gestión Forestal Sostenible.



Imagen 1. Maderas sostenibles.

Fuente: <http://localescoeficientes.blogspot.com.es/>

Lo más conveniente sería el uso y consumo de la madera local, de este modo se fomenta también la economía del lugar, otra opción es el empleo de maderas que procedan de países desarrollados que posean una adecuada gestión de la misma, debido a que estos países suelen tener unas normas de explotación. Se debe evitar el uso de maderas cuya procedencia sea de países tropicales puesto que se está produciendo una sobreexplotación de los mismos y esto perjudica al planeta, ya que los bosques tropicales son unas de las reservas naturales más importantes. En el caso de que se utilice madera con procedencia tropical hay que asegurarse que esté en posesión de algún certificado que garantice que se ha extraído de manera controlada y sostenible.

Se debe tener en cuenta el tipo de tratamiento de conservación al que va a ser sometido dicho material, puesto que puede ser tóxico, tanto para el medio ambiente como para el hombre. Estos productos pueden ser cancerígenos, no degradables e incluso poseer sustancias nocivas.

Las maderas son tratadas para evitar que sean atacadas por los agentes agresivos. En algunas ocasiones y dependiendo del tipo de madera elegido no son necesarios, aunque se tratan por razones estéticas (como los acabados de madera interiores). En el caso en el que deban de ser tratadas sería aconsejable que se hiciera en taller porque así se garantiza unas mayores condiciones de seguridad. Para la protección contra hongos e insectos se suele utilizar las sales de bórax y para el acabado el aceite de linaza.

A continuación se explica con mayor detalle estos tratamientos empleados en la madera.

### *Tipos de tratamientos*

#### ❖ Insecticidas.

Compuestos del boro: Son algo corrosivos y son solubles en agua por lo que se utilizan en lugares secos o en interiores, en su defecto se puede evitar con un tratamiento natural que haga a la madera hidrófuga.

Ácidos procedentes de la madera: no tóxicos. Evitan la propagación del fuego en caso de incendio. Se utilizan en interiores sin revestimientos y en exteriores con revestimientos.

Óxido de aluminio: no tóxico. Se utiliza para proteger la madera en espacios interiores, minimiza el peligro del fuego, sirve contra la protección de rayos ultravioleta y fortalece la madera antigua.

*Pyrethrum*<sup>4</sup>: Es un producto más saludable para los hombres y animales. Se utiliza para proteger la madera de la carcoma.

Compuestos del zinc: Es poco saludable para las personas debido a que su disolvente desprende vapores nocivos en lugares poco ventilados, sin embargo, desde el punto de vista ecológico es bueno. No es muy recomendable.

*Permetrin*<sup>5</sup>: Prácticamente igual que el anterior a nivel medio ambiental pero es más peligroso para el ser humano.

#### ❖ Bases para barnices.

Resinas naturales: Se utilizan en interiores y exteriores en todo tipo de maderas absorbentes.

#### ❖ Barnices.

Aceites naturales: Son resistentes al agua. Se utilizan en maderas sin tratar.

#### ❖ Endurecedores.

Aceite endurecedor natural: Se utiliza especialmente en suelos de madera, corcho y pavimentos de barro con poro abierto

#### ❖ Ceras.

Autobrilante: Emulsión de cera de abeja y plantas con aceites etéricos. Se utiliza para el mantenimiento de suelos y para tratar los muebles de madera que hayan perdido brillo.

Protectora: Son ceras vegetales y animales mezcladas con aceites etéricos.

#### ❖ Acabados.

Aceite de linaza: Proviene de la semilla de la planta "inum usitatissimum" (lino). Se usa tanto para maderas en exterior como en interior, es un producto de poro abierto que deja transpirar la madera y la protege al mismo tiempo.

## 2.2. Pétreos

### *Yeso natural*

Es un material de bajo coste medioambiental, reciclable y con muchas aplicaciones en la construcción. Posee buenas características aislantes y de protección frente al fuego.

Proviene de la deshidratación del “algez” o piedra de yeso que se tritura y calcina transformándose en yeso hemihidratado, es decir, que es reducido a polvo, y el cual se amasa en obra con agua. Fragua y endurece en poco tiempo.

Posee un bajo consumo energético durante todo su ciclo de vida. Sin embargo, hacia el final de su ciclo vital contamina a otros materiales pétreos debido a su capacidad de absorción del agua.



Imagen 2. Cantera de yeso

Fuente: <http://es.wikipedia.org/>

### *Cal*

Es un material reciclable y respetuoso con el medio ambiente debido a que la emisión de CO<sub>2</sub> es absorbida durante el proceso de carbonatación.

Tiene unas buenas cualidades en cuanto a *plasticidad*<sup>6</sup> y dureza, y además beneficia la transpirabilidad de los paramentos. Posee diversas aplicaciones y sirve de revestimiento en morteros y estucos.

### *Arcilla cocida*

Tiene diversas aplicaciones, se utiliza para la fabricación de ladrillos, tejas, bloques, losas, etc.

Estos materiales deben de ser cocidos para que consigan una mayor consistencia pétreo. Hay que tener un especial cuidado con dicho proceso, debido a que la energía que se necesita para llevarlo a cabo, no es muy alta aunque su utilización masiva provoca que se incremente sustancialmente.

La cocción debe ejecutarse a una temperatura inferior a 950° para preservar las características que ofrece este material, como por ejemplo la *higroscopicidad*<sup>7</sup> buena inercia térmica o el aislamiento.

Al final de su ciclo de vida puede ser reciclado y utilizado en distintos tipos de pavimentos.



Imagen 3. Extracción de arcilla.

Fuente: <http://margonportugal-es.blogspot.com.es/>

### Hormigón

El hormigón se crea a partir de la combinación de gravas y arenas, cemento y agua.

Existen varias soluciones para minimizar el impacto ambiental del hormigón:

- I. Emplear menor cantidad de hormigón y armaduras.
- II. Ampliar todo lo posible la vida útil, para que se obtenga una mayor amortización.
- III. Utilización de cementos obtenidos a partir de procesos que consuman una menor energía en su proceso de fabricación o que tengan en su composición materias primas que produzcan menos emisiones de CO<sub>2</sub>.
- IV. Uso de cementos de categoría A1 por su bajo contenido en escorias.
- V. Incorporación de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demoliciones.
- VI. Empleo de agua reciclada.
- VII. Uso de aceros provenientes de residuos reciclados, procedentes de procesos que produzcan una menor emisión de CO<sub>2</sub>, que provengan de procesos que aseguren la utilización de materias primas no contaminadas radiológicamente o que evidencien el aprovechamiento de sus residuos.
- VIII. Imponer unos sistemas de certificación medioambiental en el proceso de fabricación. En la Unión Europea existe una normativa voluntaria llamada EMAS que reconoce a aquellas organizaciones que han implantado un Sistema de Gestión Medioambiental (SGMA).

#### *Empleo de áridos reciclados en el hormigón:*

El principal problema de este material es el empleo de las arenas y gravas ya que poseen un alto impacto ambiental, sin embargo se puede reemplazar gran parte de las mismas por material reciclado.

Se debe tener en cuenta a la hora de utilizar áridos, no solo su ciclo de vida, sino también su extracción y producción y la energía empleada para ello y para su distribución.

Una de las ventajas del empleo de áridos reciclados es la reducción de residuos de obras de hormigón (RCD) y del consumo energético.

El árido reciclado empleado para la confección de hormigón estructural debe limitarse solamente a aquellos áridos procedentes de escombros de hormigón y debe utilizarse la parte gruesa puesto que la fina empeora las características del hormigón debido a que poseen una mayor cantidad de mortero adherido y esto influye negativamente en las características finales del hormigón como por ejemplo el aumento de la absorción, deformaciones por retracción y fluencia, pérdidas de resistencias, etc.

Según la EHE-08 "se recomienda limitar el contenido de árido grueso reciclado al 20% en peso sobre el contenido total de árido grueso" de esta manera el hormigón reciclado sigue teniendo las mismas prestaciones que el convencional. En el caso en el que se empleen porcentajes superiores al anteriormente citado sería necesaria la realización de estudios que demuestren que se cumple con los requisitos establecidos por la EHE-08. Sin embargo, hay estudios que demuestran que un porcentaje mayor tiene unas pérdidas de resistencia bastante considerables. Pero si se aumenta la cantidad de cemento cabría la posibilidad de su empleo para consistencias blandas y ambientes "Ia o IIb".

Se pueden utilizar áridos reciclados en hormigones en masa y armados de resistencia característica inferior a  $40\text{N/mm}^2$ .

Las características de este tipo de áridos deben cumplir las exigencias establecidas en el artículo 28 del anejo 15 de la EH-08.

Actualmente en España no es muy frecuente el uso de este tipo de hormigón, aunque sí que hay algunas obras donde se ha empleado. En otros países europeos el uso de este hormigón es ya una realidad.

*Hormigón con escorias de fondo de central térmica recicladas como áridos:*

La mayor ventaja de este tipo de hormigón es el ahorro considerable del uso de áridos y el menor impacto ambiental debido al reciclaje de las escorias, reduciendo los residuos producidos.

Igual que en el anterior se descartan las escorias finas, puesto que para que no se reduzca la resistencia del hormigón el porcentaje de las mismas debe de ser tan mínimo que no merece la pena su sustitución.

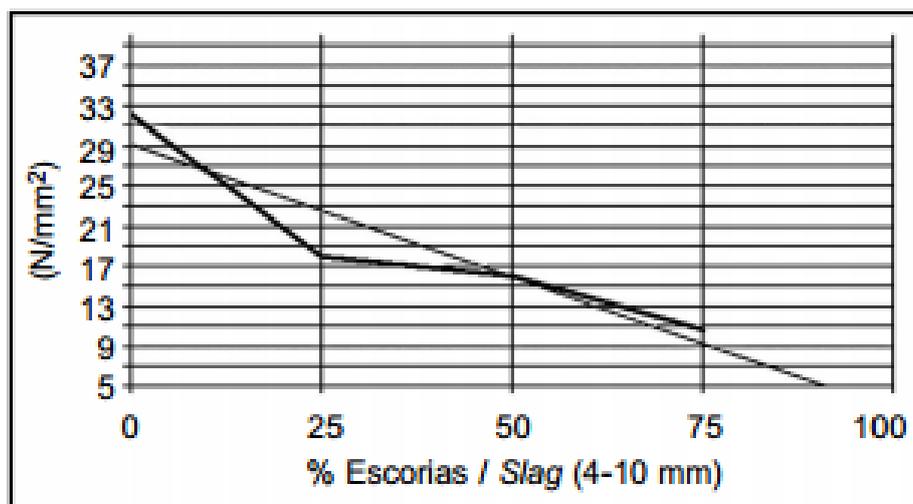


Figura 4. Relación % escorias 4-10mm empleadas con resistencias de hormigón correspondientes.

Fuente: Revista del CSIC. Vol. 60, 300, 99-113 (2010). Reciclado de escorias de fondo de central térmica para su uso como áridos en la elaboración de componentes prefabricados de hormigón.

En éste gráfico podemos observar que al sustituir los áridos finos se obtiene una reducción de la resistencia del hormigón, por eso, como se ha mencionado anteriormente, se descartan. Se recomienda como máximo el 30% de empleo de escorias gruesas debido a la misma razón.

Este tipo de hormigón ha sido estudiado exclusivamente para su uso en elementos prefabricados.

Su uso queda limitado para ambientes "I y IIb".

Los cementos recomendados para utilizar según estudios realizados por varios laboratorios son:

- cementos con un contenido de alcalinos inferior al 0,6% del peso del cemento

- cementos comunes con adiciones D, V o P

#### *Biohormigón:*

Posee los mismos componentes que el hormigón tradicional con la excepción de que el aglomerante empleado es la cal, es aligerado mediante cascarilla de arroz o aserrín y parte de la grava se sustituye por áridos ligeros como la “*arlit*”<sup>8</sup> o “*perlita*”<sup>9</sup>.

Es un hormigón más ligero y tiene cualidades aislantes, por lo que perjudica menos al medio ambiente.

No es muy común y no suele utilizarse.

#### *Vidrio*

El vidrio es un compuesto de silicatos, procedentes sobre todo del cuarzo y arena, que se funden a una elevada temperatura.

Es un material sostenible ya que se puede reciclar al 100% mediante el proceso de la refusión, además el vidrio reciclado posee las mismas cualidades que el original. Tiene una vida útil casi infinita, esto hace que su mantenimiento sea mínimo. Es una materia prima fácil de extraer y abundante y además su proceso de extracción no es perjudicial para el medioambiente.

El mayor inconveniente es el impacto medioambiental debido a la energía empleada y a la emisión de SO<sub>2</sub> y fluoruros durante su proceso de fusión. Se debe evitar que tenga elementos como el plomo o la sosa puesto que son tóxicos.

Existen vidrios de baja emisividad que se consiguen aplicando en la superficie una capa de metal que le confiere propiedades que hacen que la pérdida de energía sea menor.

### 2.3. Metales

Los principales inconvenientes de este material son:

- I. Las minas de las cuales se extraen los minerales para su fabricación perjudican el paisaje y la naturaleza de la zona.
- II. Cuando estos minerales han sido extraídos pasan por varios procesos hasta convertirse en el material deseado. A este material se le da una serie de acabados los cuales necesitan una gran cantidad de energía para llevarse a cabo y además emiten sustancias nocivas.

En cuanto a las ventajas se puede decir que son materiales reciclables y la energía empleada en este proceso es menor, lo que disminuye el impacto ambiental del empleo de los metales originales y además algunos de los residuos que produce se pueden utilizar en la fabricación de otros materiales como por ejemplo las escorias en los cementos.

Hay metales que deben evitarse como el zinc y el plomo ya que se está produciendo su agotamiento, además este último es un material tóxico y sus residuos tienen que ser controlados debido a los riesgos que producen.

El acero es uno de los metales que menos energía requiere, sin embargo debido a las grandes cantidades que se utilizan hacen que sea uno de los mayores consumidores de energía.

En cuanto al aluminio se puede decir que consume mucha energía eléctrica para su producción y no sería recomendable si no fuera porque se puede reciclar tantas veces como se desee.



Imagen 4. Carpintería de aluminio

Fuente: <http://www.directindustry.es/>



Imagen 5. Armaduras de acero para construcción

Fuente: <http://largos.celsaatlantic.com/>

## 2.4. Pinturas

Las pinturas son un materiales de construcción cuya finalidad es la de proporcionar un acabado al elemento sobre el que se aplica, aportándole color y brillo y en algunas ocasiones lo protege de los agentes externos que lo deterioran.

Están compuestas por: resinas que son las que contienen los pigmentos, disolventes que son los que permiten su aplicación y rellenos o aditivos que son los que les proporcionan características especiales.

Según su estado de disolución, las pinturas se pueden dividir en dos grupos:

Pinturas acuosas o plásticas, su disolvente es agua la mayor parte. Son las más respetuosas con el medioambiente y las personas. Este tipo de pintura se puede considerar ecológica, pero no suelen cumplir los requisitos del etiquetado ecológico que existen en la actualidad.

Pinturas sintéticas, son aquellas cuyo disolvente es orgánico. Emiten sustancias nocivas después de su aplicación debido a la evaporación de los hidrocarburos.

Casi todas las pinturas son perjudiciales para la naturaleza y los seres vivos.

Existe una normativa UNE 48-300-94 que dice los requisitos que debe cumplir una pintura para obtener el certificado AENOR de producto ecológico.

En el mercado se pueden encontrar pinturas naturales que no poseen sustancias nocivas y dejan transpirar al paramento sobre el que se aplican.

## 2.5. Sintéticos

Pueden ser los más contaminantes y dañinos para el medio ambiente debido a que su principal materia prima es el petróleo. Su proceso de extracción es muy perjudicial para la naturaleza y requiere un gran consumo de energía para su producción, además es un material que puede agotarse. Durante su proceso de separación en las refinerías emite sustancias nocivas como hidrocarburos.

Debe evitarse aquellos materiales sintéticos que han utilizado en su fabricación los hidroclorofluorocarburos HCFC o clorofluorocarburos CFC que destruyen la capa de ozono, y aquellos que produzcan residuos tóxicos.

Durante su ciclo de vida no presentan ningún inconveniente, pero al final del mismo vuelven a ocasionar daños al medio ambiente debido a que no son degradables. Algunos como los termoplásticos pueden ser reciclados.

### XPS Y EPS

El XPS posee la misma composición química que el EPS. Pero la diferencia existente entre ambos es que el XPS al ser extrusionado produce una estructura de burbuja cerrada que hace que pueda mojarse sin perder sus cualidades.

Ambos se utilizan como aislantes térmicos debido a sus altas prestaciones, como su elevada resistencia a los agentes externos.

El mayor inconveniente del XPS es que contiene HCFC, sin embargo existen algunas fábricas que han conseguido cambiarlo por CO<sub>2</sub>, con lo cual si va acompañado de un certificado que lo asegure podría ser utilizado.

### PVC

Es uno de los materiales plásticos más utilizados mundialmente.

Puede considerarse estable y de uso seguro, pero se debe tener en cuenta su proceso de producción, el uso de aditivos (para la obtención de PVC de alta calidad) y su uso al finalizar su ciclo de vida, es decir como residuo.

Este material tiene un elevado grado de reciclabilidad, lo que reduciría considerablemente su impacto medioambiental como residuo.

Sus principales materias primas son el petróleo y el cloro, este último es el que mayor problema presenta, además que la cantidad de petróleo que se necesita para su producción es baja.

Durante su proceso de producción aparecen productos que son considerados peligrosos como el monómero de cloruro de vinilo y por eso este proceso debe realizarse en las condiciones adecuadas para que no se produzcan daños.



Imagen 6. Tubería de PVC

Fuente: <http://reformaydecora.webcindario.com/>

### EPDM

Está compuesto por los monómeros de etileno y propileno, que causan un pequeño impacto a la naturaleza y el ciclopentadieno. Se le suelen añadir aditivos de relleno y disolventes orgánicos que pueden ser perjudiciales para el hombre.

Se suele utilizar como lámina impermeabilizante en cubiertas y en juntas estancas.

Posee una buena resistencia a la abrasión y al desgaste.

Su reciclado es posible, utilizándose después de su trituración como elemento de relleno o reutilizándolo como material impermeable.

### PUR/PIR

Se utiliza fundamentalmente como aislante, lo que puede hacer que contengan HCFC (dañino para la capa de ozono, como se ha comentado anteriormente), diclorometano (perjudicial para el hombre) o CO<sub>2</sub>.

Al finalizar su ciclo de vida es difícil de reciclarlo o reutilizarlo debido a que se suele ir adherido a los elementos químicamente.

No es conveniente su utilización a no ser que tenga un certificado que indique que no contiene HCFC, aún así su impacto medio ambiental sigue siendo elevado.

### PE y PP

Dentro de los materiales sintéticos estos son los menos contaminantes para el medio ambiente.

Poseen un elevado grado de reciclabilidad lo que hace que la explotación del petróleo sea menor, pero se debe tener cuidado puesto que si están contaminados de otros materiales pierden calidad.

Su incineración no es peligrosa.

Su puesta en obra no es contaminante y poseen un elevado ciclo de vida, pudiendo permanecer en buenas condiciones si se ha ejecutado todo correctamente hasta cincuenta años.



Imagen 7. Tubería de PE

Fuente: <http://spanish.polyethylenewaterpipe.com/>

## 2.6. Aislantes

### Lanas minerales

Se utilizan como aislantes debido a que tiene unas buenas características acústicas y térmicas y una favorable protección contra el fuego.

Proceden de fibras minerales como la arena silíceo y la roca basáltica.

Pueden ser de dos tipos: lana de roca y lana de vidrio.

Son poco permeables a las radiaciones solares por lo que se debe tener cuidado a la hora de su uso.



*Imagen 8.* Lana de roca

Fuente: <http://www.lacasadelaconstruccion.es/>



*Imagen 9.* Lana de vidrio

Fuente: [www.tecnosolar.com](http://www.tecnosolar.com)

### Productos poliméricos

Algunos de ellos son el XPS, PUR/PIR, EPS, etc. Explicados en el apartado anterior de materiales sintéticos.

## 2.7. Otros

### Corcho

Este material tiene muchas ventajas para ser utilizado en la construcción: es un material renovable debido a que se obtiene del alcorque, posee un bajo contenido energético y es reciclable y degradable.

Puede ser utilizado para diversas aplicaciones como por ejemplo:

Aislante térmico y acústico: en forma de paneles obtenidos a partir del granulado del corcho, permite respirar a las paredes.

Revestimiento: son pavimentos duraderos, de fácil mantenimiento y económicos.



*Imagen 10.* Aislante térmico de corcho

Fuente: <http://www.archiproducts.com/>



*Imagen 11.* Pavimento de corcho

Fuente: <http://www.sinmimadre.com/>

### Cáñamo

El cáñamo es una planta que crece rápidamente sin que sean necesarios una elevada cantidad de recursos, por lo que tiene un bajo coste de producción. No necesita plaguicidas, factor importante para el medio ambiente.

Actualmente se utiliza en la producción de textiles, muebles, papel, lubricantes, higiene, alimentación, etc. Sin embargo, en Europa existen varios países que lo han incluido en sus construcciones como un material sostenible.

Posee muchas ventajas entre las cuales se destaca: que es un material no tóxico, resistente al moho y al fuego, duradero y barato, posee unas buenas cualidades térmicas, acústicas y bioclimáticas, es reciclable al 100% y durante su ciclo de vida retiene el CO<sub>2</sub> con lo que se consiguen viviendas con valores de CO<sub>2</sub> nulos o incluso negativos.

Puede tener diversas aplicaciones en el sector de la construcción, como por ejemplo:

Se pueden confeccionar ladrillos con cáñamo de una manera sencilla y barata. Al colocarlos en los cerramientos hacen que sean transpirables y mejoran la eficiencia energética de la vivienda durante todo el año.

También puede utilizarse como aislante y como aceite para la creación de pinturas y barnices.

En España existe una empresa llamada Cannabric la cual fabrica productos constructivos con cáñamo.



Imagen 12. Filtro de cáñamo en banda.

Fuente: [www.cannabric.com](http://www.cannabric.com)



Imagen 13. Bloque estructural aislante de cáñamo

Fuente: [www.cannabric.com](http://www.cannabric.com)

### Linóleo

El linóleo se obtiene a partir de materias primas naturales como el aceite de linaza, corcho, madera y yute. Su proceso de fabricación consume poca energía.

Es un material degradable por lo que no tiene inconvenientes al finalizar su ciclo de vida, además en algunas ocasiones también puede ser reciclado.

Su principal aplicación es en revestimientos de suelos.



Imagen 14. Pavimentos de linóleo

Fuente: <http://www.layfer.com/>

### 3. Materiales sostenibles y sistemas constructivos seleccionados

#### 3.1. Cimentación

Tabla 1.

Materiales empleados en cimentación.

#### CIMENTACIÓN

SOLUCIÓN	MATERIALES EMPLEADOS	VENTAJAS	INCONVENIENTES	COMENTARIOS	REFERENCIAS	
CIMENTACIÓN SUPERFICIAL:  Zapatas aisladas	Hormigón con áridos reciclados	Disminución de los RCD	Mayor absorción: causado por el mortero adherido	Aunque a simple vista hay mayor cantidad de inconvenientes las ventajas, aunque sean menos son más importantes. Además los inconvenientes pueden solventarse de una manera fácil. (como está comentado en el punto 2 del capítulo 2)	Materiales de Construcción Vol. 57, 288, 5-15 octubre-diciembre 2007	
		Menor cantidad de energía consumida.	Menor dureza: mayor desgaste debido al desprendimiento de mortero			
Vigas riostras	Acero	Minimización del consumo de recursos naturales.	Solo se puede utilizar áridos procedentes de obras de hormigón.		Hoy en día no existe ningún material que pueda sustituir al acero para armaduras y que obtenga las mismas prestaciones, por lo tanto su uso es casi obligatorio	Materiales de Construcción, Vol 55, No 279 (2005) Hormigones con áridos reciclados: estudio de propiedades de los áridos y de las mezclas
			Menor densidad			
		Dentro de los metales es el que menor energía consume.	Impacto ambiental debido a las minas de donde se extrae			
		Puede reciclarse	Gran cantidad de energía consumida en sus procesos de acabado			

En las estructuras bajo rasante el impacto medio ambiental es mayor que en el resto debido a que en este tipo se tiene que llevar a cabo una excavación en el terreno. Siempre que sea posible se tratará de realizar cimentaciones superficiales a profundas, debido a que las primeras son más rentables y más ecológicas, ya que consumen menos energía en su proceso de ejecución y el empleo de materiales es menor.

Debido a que el terreno es firme y competente y puede ser cimentado con una presión media alta, la cimentación se ejecutará a base de zapatas aisladas y vigas riostras con un canto previsto de 0,50 m, el hormigón a emplear será un HA-25 de consistencia blanda y para un ambiente "IIB" por lo que es adecuado para utilizar un hormigón con áridos reciclados.

Lo ideal sería una cimentación de hormigón en masa para evitar el empleo de acero para armaduras y para que su reciclaje sea más fácil, pero no es posible ya que se necesita la colocación de las mismas para que trabaje correctamente.

### 3.2. Primer forjado. Forjado sanitario

Es muy importante que la ejecución del primer forjado, que es el que se encuentra en contacto con el terreno, se realice correctamente.

No suele ser habitual el aislamiento térmico de estos forjados, esto no sería importante si en la planta superior hubiera una zona no habitable como un garaje, aunque sería conveniente su aislamiento térmico en caso de que sea una zona habitable. En este caso se aislará térmicamente el forjado o la solera, que se encuentra en contacto con el suelo para evitar pérdidas en dicha estancia, y que debe de ser solventada con una mayor aportación de calor debido a las pérdidas que se producirían al no aislarlo.

Los forjados sanitarios ventilados son una buena solución debido a que se encuentran separados del terreno y este no le transmite humedad a la vivienda, actúan como una barrera y además tienen un intercambio de aire natural siempre y cuando las aberturas sean suficientes y estén correctamente ejecutadas, para ello debe tener agujeros en paredes opuestas y agujeros interiores para permitir el paso del aire. Por lo tanto la vivienda no sufrirá daños debido a humedades y además no tendrá pérdidas de calor en invierno y se mantendrá fresco en verano.

Además los forjados sanitarios permiten el paso de instalaciones vistas lo que facilita su mantenimiento y reparación.

Hay dos opciones para la ejecución de estos forjados (como se puede observar en la tabla 3).

#### OPCIÓN 1: forjado sanitario con módulos de PP

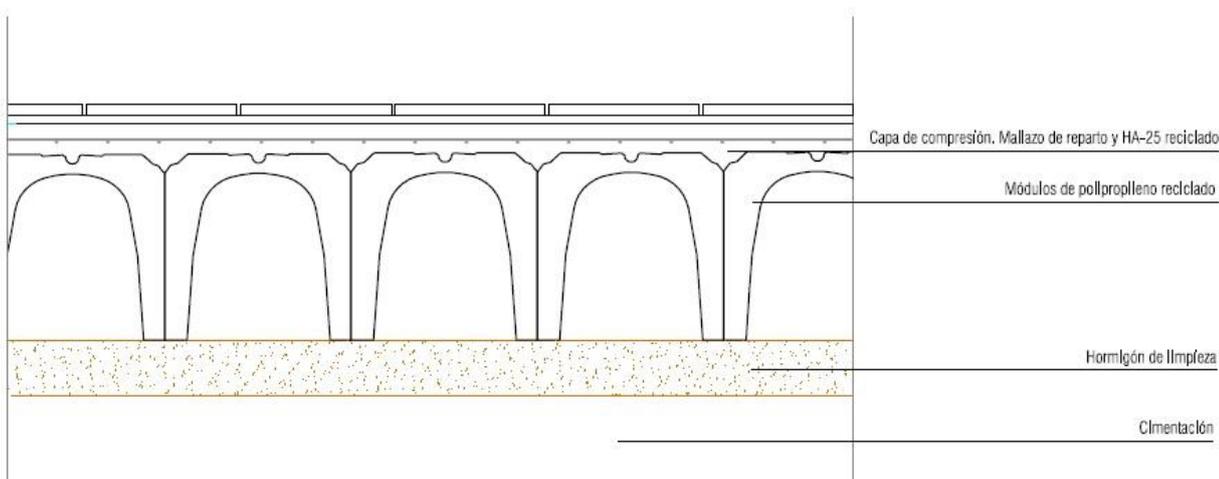


Figura 5. Detalle constructivo de forjado sanitario con módulos de PP

Fuente: <http://www.edingaps.com/>



*Imagen 15.* Ejecución de forjado sanitario con módulos de PP

Fuente: <http://www.caviti.es/>

La puesta en obra de estos forjados se realiza mediante el machihembrado de las piezas, colocándolas de izquierda a derecha.

En los encuentros con pilares u otros elementos los módulos pueden ser cortados para adaptarlos a la nueva geometría. Posteriormente se coloca la malla según los cálculos de la estructura y se hormigona.

Existen varios tipos de piezas pudiendo tener alturas variables.

Se ha optado por realizar el forjado sanitario con módulos de polipropileno debido a que están fabricados al 100% con materiales reciclados, no resultan perjudiciales para el medio ambiente después de su vida útil y se trata de un sistema estandarizado por lo que posee una mayor rapidez de montaje y posterior reciclado, además requiere una menor cantidad de hormigón y resulta más económico.



*Imagen 16.* Tapa perimetral

Fuente: <http://www.caviti.com/>

Tabla 2.

Medidas de la capa de compresión y hormigón de limpieza según la tensión admisible del terreno.

C.C.(capa de compresión)	H.L.(hormigón de limpieza)	Tensión Admisible (Kg/Cm2)					
		0,5	1,00	1,50	2,00	3,00	4,00
cm	cm						
5	5	110	450	775	1100	1770	2440
5	10	600	1440	2280	3120	4800	6480
5	15	1300	2900	4450	6050	9200	12350
5	20	2200	4700	7300	9850	14900	20000
8	5	30	360	690	1030	1690	2360
8	10	520	1350	2190	3050	4720	6380
8	15	1250	2800	4370	5950	9100	12250
8	20	2150	4700	7200	9800	14850	19900
10	5	-	310	650	980	1650	2320
10	10	465	1300	2150	2980	4680	6350
10	15	1180	2750	4320	5900	9050	12200

Nota. Fuente: <http://www.caviti.com/>

Según el tipo de módulo que se emplee y de la tensión admisible del terreno, los espesores de la capa de compresión y el hormigón de limpieza variarán.

Tabla 3.

Materiales empleados en forjado sanitario.

**ESTRUCTURA. FORJADO SANITARIO**

SOLUCIÓN	MATERIALES EMPLEADOS	VENTAJAS	INCONVENIENTES	COMENTARIOS
Forjado sanitario de elementos cerámicos con cámara ventilada	Hormigón con áridos reciclados	Igual que en cimentación	Igual que en cimentación	Es un forjado convencional, en lo único en lo que se diferencia es el hormigón que incluye áridos reciclados, por eso es más ecológico.
	Acero para armaduras	Igual que en cimentación	Igual que en cimentación	
	Bovedillas cerámicas	Facilidad de montaje, menor mano de obra	Necesitan ir acompañadas de la colocación de armaduras de acero	
		Reciclable		
Murete para apoyo forjado realizado con elementos cerámicos	Menor peso propio, aligera el forjado	Se trata de un material pétreo por lo que tiene una gran durabilidad		
Forjado sanitario con elementos prefabricados de polipropileno	Hormigón con áridos reciclados	Igual que en cimentación		Igual que en cimentación
	Acero para armaduras	Igual que en cimentación	Igual que en cimentación	
	Módulos de plástico de PP reciclado	Facilidad de montaje, menor mano de obra	Se trata de un material cuya materia prima es el petróleo	
		El PP es el sintético menos contaminante.	El proceso de extracción de la materia prima es perjudicial para el medio ambiente debido a la emisión de sustancias nocivas	
		Al tratarse de PP reciclado se consume menos materia prima (petróleo)		
		No requiere mano de obra cualificada	Consumen mucha energía en su proceso de producción	
		Al finalizar su ciclo de vida no resulta contaminante		
		Pueden tener varias alturas		
Ventilación en dos direcciones				
Menor cantidad de hormigón				

### 3.3. Forjado planta baja y cubierta.

En las estructuras sobre rasante el impacto medio ambiental queda definido por el tipo de material empleado.

En primer lugar se debe dejar claro que son preferibles las soluciones prefabricadas a las realizadas “in situ” y las ligeras a las pesadas.

Para la ejecución de los forjados existen varios factores influyentes:

Magnitud de las cargas y luces existentes.

Geometría de la vivienda.

Funcionalidad.

Localización.

Disponibilidad de materiales.

Tabla 4.

**Materiales empleados en el forjado de la planta baja**

#### ESTRUCTURA. FORJADO PLANTA BAJA

SOLUCIÓN		VENTAJAS	INCONVENIENTES	COMENTARIOS
Forjado de madera		Menor conductividad térmica	Se debe tener cuidado con la elección de los tratamientos superficiales pues pueden ser tóxicos	Se debe garantizar que estén en posesión de un sello ecológico y que sean maderas locales. Se le debe dar el tratamiento adecuado para su preservación.
		Biodegradable	Las maderas deben de proceder de una explotación sostenible y poseer un sello ecológico para garantizarlo.	
		Renovable		
		Trabaja muy bien a flexión		
		Más ligero		
Forjado realizado con hormigón de áridos reciclados	in situ	Menor consumo de energía	Necesitan una mayor cantidad de materiales que los prefabricados.	Es la opción más utilizada hoy en día pero la menos conveniente desde el punto de vista ecológico. Debido a la gran cantidad de material empleado.
	prefabricados	Montaje y desmontaje más sencillo.	Dentro de los prefabricados encontramos los forjados metálicos, que como se ha comentado anteriormente no es un material muy sostenible. Aunque en la actualidad se ha avanzado mucho en su producción y existen hornos más ecológicos.	Sería la segunda opción a emplear debido a que se emplean elementos estandarizados y el volumen de materiales es menor que el anterior
		Recuperación de los materiales una vez finalizada su vida útil para su reciclado		
		Necesitan una menor cantidad de hormigón para su ejecución		

## Forjados de madera

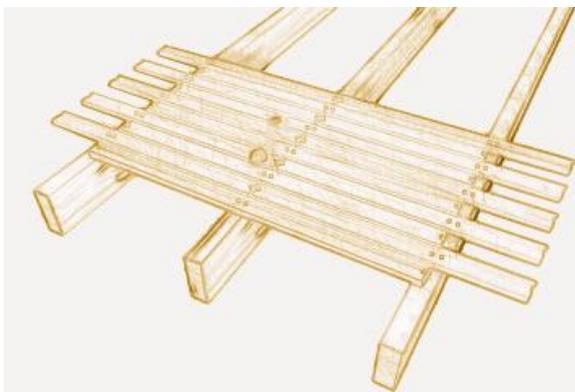
Hoy en día este tipo de forjados han quedado casi en desuso como consecuencia de la mala reputación que han adquirido a lo largo de los años.

Una de las principales causas de su abandono es el ataque de los agentes externos que se considera mayor que otros materiales al tratarse de un material biológico, sin embargo, en la actualidad existen una gran cantidad de tratamientos para esto y además dependiendo del tipo de madera empleada no son necesarios.

La madera es material más que adecuado para la construcción de forjados debido a que trabajan muy bien a flexión, además de las buenas características medio ambientales que posee (como se ha comentado en el capítulo anterior).

Existen varios tipos de forjados de madera:

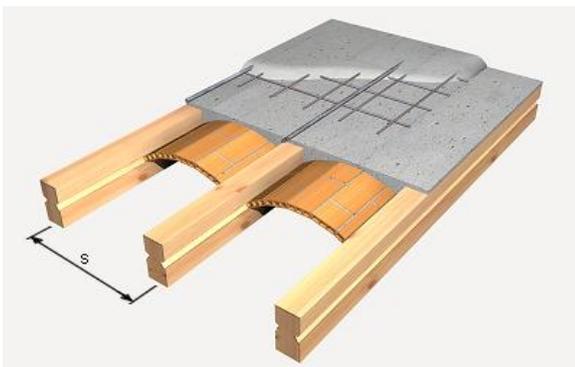
Vigas de madera y tablero superior



*Figura 6.* Forjado de madera compuesto de vigas y tablero superior

Fuente: <http://www.generadordeprecios.info/>

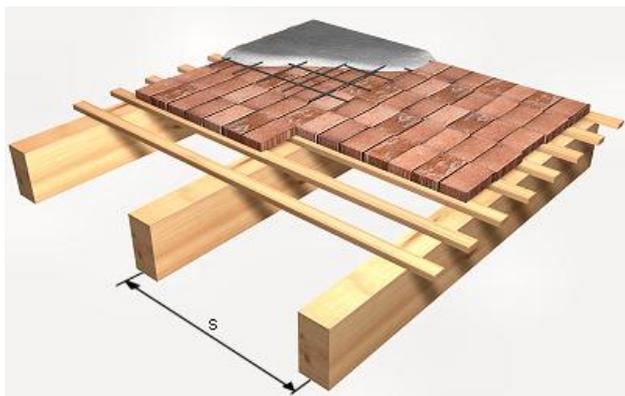
Revoltones de ladrillo sobre vigas de madera



*Figura 7.* Forjado de madera compuesto de bovedillas de ladrillos

Fuente: <http://www.generadordeprecios.info/>

### Entablicado de rasilla de ladrillo y vigas de madera



*Figura 8.* Forjado de madera compuesto por rasillas de ladrillo.

Fuente: <http://www.generadordeprecios.info/>

### Cañizo y yeso sobre vigas de madera



*Imagen 17.* Forjado de madera compuesto de vigas y cañizo

Fuente: <http://www.aragob.es/>

### Rollizos de madera



*Imagen 18.* Forjado de madera compuesto de rollizos y vigas.

Fuente: <http://www.inteligenciascolectivas.org/>

Artesonado.



Imagen 19. Artesonado de madera

Fuente: <http://www.panoramio.com/>

Todos ellos son forjados unidireccionales excepto el último que es bidireccional.

### Forjados de madera prefabricados

En países tales como Austria y Suiza existen empresas especializadas en la ejecución de forjados prefabricados de maderas.

#### Lignatur

Empresa suiza que ejecuta los forjados prefabricados de madera maciza a modo cajón.

Salvan luces de 9 m en adelante y poseen una resistencia al fuego que va de REI 30 a REI 90.

Existen tres tipos: los básicos, con aislamiento acústico y con paneles perforados para mejorar la acústica. También hay piezas especiales para el paso de instalaciones.



Imagen 20. Distintas piezas de los forjados prefabricados. La básica, con aislamiento acústico y con paneles perforados.

Fuente: <http://www.slideshare.net/>

Su colocación es muy sencilla, la primera pieza se coloca apoyada en un perfil metálico y el resto van atornilladas unas con otras.

#### KLH

Empresa austriaca que realiza los forjados prefabricados de madera mediante paneles de madera laminada.

Durante su proceso de fabricación se utilizan productos no contaminantes para el medio ambiente.

Es un sistema ligero y que permite ganar espacio debido.



Imagen 21. Piezas laminadas de madera

Fuente: <http://www.klh.at/>

### Kielsteg

Empresa austriaca dedicada a la ejecución de elementos de construcción de madera destinados a forjados con grandes luces.

Las piezas poseen dos alas una superior y otra inferior y están conectadas entre sí mediante unas tiras inclinadas de contrachapado.

Salvan luces de 5 a 27 metros, puede ser plana o curva y es posible ejecutar voladizos hasta una distancia de 10 m desde el techo. Poseen una resistencia al fuego REI 30 y REI 60.



Imagen 22. Pieza kielsteg

Fuente: <http://www.kielsteg.at/>

En España existe una empresa catalana llamada Fupicsa que realiza elementos prefabricados de madera sostenible. Posee la certificación PEFC que garantiza el empleo de maderas provenientes de una explotación sostenible.

Se ha decidido realizar el forjado 1 (entre la planta baja y primera) mediante el sistema de forjado prefabricado pudiéndose observar en la siguiente figura:

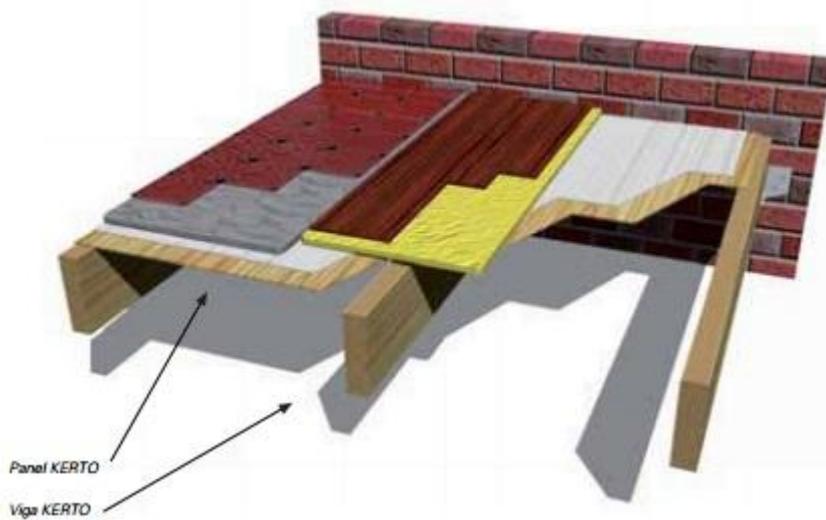


Figura 9. Forjado prefabricado planta 1

Fuente: <http://www.fupicsa.com/>

Está ejecutado mediante unas vigas compuestas por láminas de madera de abeto de 3 mm de espesor, que se encuentran encoladas longitudinalmente por medio de juntas biseladas y posteriormente se vuelven a encolar entre ellas llegando a cubrir luces de hasta 23 m. El intereje máximo de las mismas es de 0,60 m. Tienen una clasificación de reacción contra el fuego de M-3, sin que la madera sea tratada, llegando a M-1 o M-2 si se le aplican barnices ignífugos.

Encima de estas vigas se coloca un panel autoportante de elevada resistencia y sobre el mismo una capa de compresión y, posteriormente, el acabado que se desee.

Tabla 5.

Espesores y cantos de las vigas Kerto

Espesores estándar	Tipos de KERTO	Cantos estándar
21 mm	S-Q	100 mm
24 mm	S-Q	150 mm
27 mm	S-Q	200 mm
33 mm	S-Q	225 mm
36 mm	S	260 mm
39 mm	S-Q	300 mm
45 mm	S-Q	360 mm
51 mm	S-Q	400 mm
57 mm	S-Q	500 mm
63 mm	S-Q	600 mm
69 mm	Q	800 mm
75 mm	S	900 mm

Nota. Fuente: <http://www.fupicsa.com/>

### 3.4. Recubrimiento exterior de la cubierta

Tabla 6.

Materiales empleados en la cobertura de la cubierta

#### RECUBRIMIENTO CUBIERTA

SOLUCIONES	MATERIAL DE COBERTURA	VENTAJAS	INCONVENIENTES	COMENTARIOS	
Cubierta inclinada convencional	Pizarra	Elevada vida útil	Elevado coste	Deben de ser resistentes e impermeables	
		Buen aislante térmico	Necesita personal especializado para su colocación		
		Reciclable	Elevado peso y fragilidad		
	Teja de tierra cocida	Elevada vida útil	Material pesado		
		Es un material pétreo	Se requiere gran cantidad de material		
		Duradero			
	Teja de cemento	Es la más barata			Menos duradera
					Menos estética
					Más pesada que la de tierra cocida
	Teja fotovoltaica	Hacen que la vivienda sea más eficiente	Es la más cara		
Reducen la demanda energética		Requiere personal especializado para su colocación			
Ocupa menos espacio que las placas solares					
Tejado o azotea verde		Gran aislante, llegando a reducir las facturas de AC a la mitad y las de calefacción entre un 15-30%	Debe de ejecutarse correctamente y con cuidado para que no haya problemas posteriores.	La única diferencia entre ellos es que la azotea es transitable y puede ser utilizada como jardín.	
		Es la más económica de todas a la hora de su construcción	En el caso de avería es más difícil de acceder para su reparación.	Existen dos tipos: los que necesitan un cuidado continuo (plantar comestibles, árboles, arbustos, césped, etc.) o los que requieren un cuidado prácticamente nulo	
		Reducen la escorrentía de las aguas pluviales			
		Mayor resistencia que las cubiertas convencionales Buen aislante acústico			

Se ha seleccionado para la ejecución de la cubierta el tejado verde debido a sus características ecológicas. No sólo hace que la vivienda sea más eficiente sino que también reduce la contaminación, absorbe gran cantidad de agua de lluvia haciendo que esta vuelva a su ciclo natural mediante la evaporación y mejora estéticamente el paisaje urbano (en el caso de viviendas o edificios en ciudades o núcleos urbanos).

### 3.5. Cerramientos

Para el correcto funcionamiento de los cerramientos lo que más importancia tiene, aparte de su correcta ejecución, es el aislamiento, puesto que es el que nos va a asegurar el confort térmico interior y a reducir la demanda energética de la vivienda.

Para la ejecución de los mismos existe una gran gama de materiales y bastantes soluciones, debiéndose elegir aquellos cuyas cualidades generen poco impacto medio ambiental, manteniendo su eficacia.

Tabla 7.

#### Materiales empleados en el cerramiento

### CERRAMIENTOS

SOLUCIONES	MATERIALES EMPLEADOS	VENTAJAS	INCONVENIENTES	COMENTARIOS
Fachada de fábrica	Ladrillo cerámico	Puede dejarse el ladrillo visto por lo que no necesitaría revestimiento exterior	Es necesario la ejecución de dos hojas, por lo que se necesita mayor cantidad de material	Es la fachada más empleada en España
			Al ser piezas pequeñas y tener dos hojas se tarda más en su ejecución	
		Al tratarse de un material pétreo puede reciclarse	Se necesitan piezas especiales, armaduras o perfiles metálicos para la estabilidad en su paso por los forjados y en dinteles	
			Precaución para que no aparezcan puentes térmicos	
	Bloques de hormigón	Al ser piezas de mayor dimensión mejoran el rendimiento	Necesitan ser revestidos, aunque existen algunos bloques que tienen una cara que está preparada para que se queden vista	Dentro de estos elementos son preferibles los realizados con hormigón con áridos reciclados
		Al tratarse de un material pétreo puede reciclarse	Hay que tener cuidado para que no aparezcan puentes térmicos	También son mejores soluciones las de hormigón celular, son bloques más ligeros, son buenos aislantes térmicos y acústicos.
Paramentos más rígidos, menor cantidad de juntas				
Puede llegarse a poner una sola hoja, por lo que se necesitaría menos material	Deben de ser colocados por personal especializado	Son más baratos que los ladrillos cerámicos convencionales		

## CERRAMIENTOS

SOLUCIONES	MATERIALES EMPLEADOS	VENTAJAS	INCONVENIENTES	COMENTARIOS
Fachada de fábrica	Bloque de termoarcilla	Al tratarse de un material pétreo puede reciclarse	Hay que tener cuidado para que no aparezcan puentes térmicos	Existen bloques de termoarcilla, termoacústicos y piezas especiales de esquina, recubrimiento de pilares, etc.
		Puede llegarse a poner una sola hoja, por lo que se necesitaría menos material	Necesitan ser revestidas	
		Al ser piezas de mayor dimensión mejoran el rendimiento	Deben de ser colocados por personal especializado, lo que encarecería la obra	
	Fachada de fábrica de cáñamo	Altas prestaciones acústicas y térmicas	Poseen un elevado coste, en comparación con el resto de soluciones	A pesar de su elevado coste económico, este se ve amortizado en pocos años debido al gran ahorro energético que supone
		Reciclable al 100%		
		Es un material no tóxico		
		Posee una elevada resistencia al fuego		
Fachada ventilada	Permite acabados duraderos y de mayor calidad	Tiene un coste económico elevado	Dependiendo del tipo de cerramiento ejecutado (fábrica de ladrillo, bloques de hormigón, etc.) tendrá las mismas ventajas e inconvenientes	
	Evita los puentes térmicos al colocar el aislamiento en la cara exterior de la hoja interior	La sustitución de las piezas es complicada		
	Elimina el riesgo de que aparezcan humedades	No está realmente ventilada por lo que no mejora la eficiencia energética como se cree, debido a que el espacio de la cámara no es lo suficientemente grande como para que el aire circule correctamente recalentándose el mismo en el interior de la cámara		

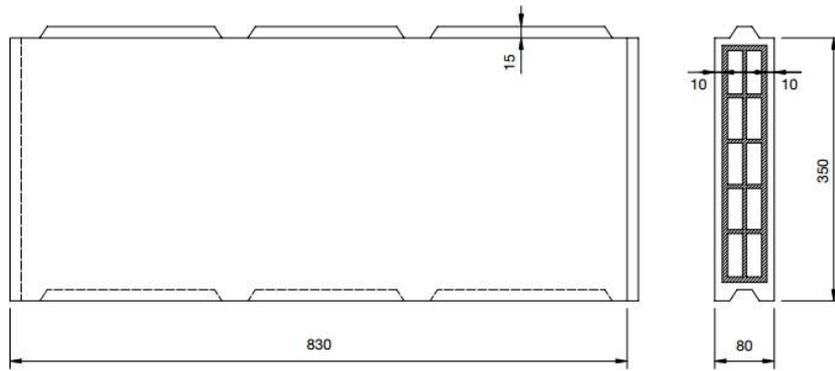
## CERRAMIENTOS

SOLUCIONES	MATERIALES EMPLEADOS	VENTAJAS	INCONVENIENTES	COMENTARIOS
Fachadas ligeras	Estructura auxiliar de aluminio	Es un material reciclable	Se requiere una gran cantidad de energía para la producción del aluminio	También se utiliza la madera y el acero. Obviamente la madera sería el más ecológico
		Material ligero que permite menores espesores		
	Cara exterior del panel: metales (chapa de acero, cobre, aluminio), laminados de alta presión y compactos, vidrio opaco, tableros <i>composite</i> y fibrocemento vitrificado Capa intermedia: aislante térmico Cara interior: chapa de aluminio, tablero de madera o fibrocemento	Al tratarse de elementos prefabricados son más fáciles de montar por lo que se produce un ahorro en tiempo y dinero	Los materiales empleados no son los más sostenibles, con la excepción de la madera.	Puede ejecutarse una fachada entera de vidrio por lo que sería conveniente que el mismo se dispusiera doble y de baja emisividad. Aportan luz y luminosidad
		Poseen limitaciones en el diseño	Se requiere un alto consumo de energía para su fabricación	

### 3.6. Particiones interiores

En la actualidad, la mayoría de las viviendas las particiones se realizan con fábricas de ladrillo lo que aporta una excesiva rigidez, además si se desea realizar un cambio de uso o una reforma, ésta resulta más costosa debido a que se tiene que hacer una demolición y pueden llegarse a dañar suelos y techos. Por estos motivos, resulta más interesante realizar las particiones mediante soluciones que permitan la flexibilidad de espacios, como por ejemplo los tabiques prefabricados.

A continuación podemos observar algunos ejemplos de particiones existentes:



*Figura 10.* Medidas ladrillo revestido de escayola.

Fuente: <http://www.ceramicasampedro.com/>



*Imagen 23.* Ladrillo revestido de escayola

Fuente: <http://www.lacasadelaconstruccion.es/>



*Figura 11.* Placas de yeso laminado

Fuente: <http://www.gamma.es/>

Tabla 8.

Materiales empleados en el cerramiento

**PARTICIONES INTERIORES**

SOLUCIONES		VENTAJAS	INCONVENIENTES	COMENTARIOS
Tabiques de obra	Termoarcilla	Poseen las mismas características que en cerramientos		
	Bloque de hormigón			
	Ladrillos de cáñamo			
	Ladrillo cerámico			
	Ladrillo revestido de escayola	Alta planeidad debido al machihembrado de las piezas	El reciclado de los materiales es más complicado, puesto que hay que separar los dos materiales	Se trata de un ladrillo revestido de escayola por sus seis lados.
		Se trata de piezas de gran formato por lo que hay una menor cantidad de juntas	Su proceso de fabricación consume más energía que en el de los ladrillos convencionales	
		No necesitan mortero, la unión se realiza mediante el machihembrado y un adhesivo de escayola	Su precio es más elevado que el de las fábricas de ladrillo convencionales	
Las superficies exteriores están preparadas para ser pintadas o ejecutar cualquier acabado		No permiten el paso de instalaciones, se tienen que ejecutar rozas como en las particiones con ladrillos convencionales		
Elevada resistencia				
Tabiques prefabricados	Placas de yeso laminado	Versatilidad de distribución	La perfilería empleada en estos sistemas suele ser de acero galvanizado	
		Posibilidad de recuperación de materiales para su posterior reciclado	Requiere personal especializado para su ejecución	
		Mayor aislamiento térmico y acústico que las fábricas de ladrillo convencionales	Se debe colocar un aislante entre las placas, lo que encarece más esta solución	
		Permite el paso de instalaciones sin la ejecución de rozas	Se debe colocar un aislante entre las placas, lo que encarece más esta solución	
		Más ligeras		
		Material ecológico		
		El acabado es mejor		
Tiene un precio más elevado que las fábricas de ladrillo pero al ser su montaje más rápido, se ve compensado, siendo el precio más o menos igual				

## PARTICIONES INTERIORES

SOLUCIONES		VENTAJAS	INCONVENIENTES	COMENTARIOS
Tabiques prefabricados	De madera	Libertad de diseño	Se deben ejecutar regatas para el paso de instalaciones	Hay que tener en cuenta que sea madera local o que posea un certificado que garantice su sostenibilidad
		Rapidez y facilidad de montaje lo que aumenta el rendimiento en obra y por lo tanto influye en beneficio de la economía	Requiere personal especializado para su ejecución	En el caso de ser tratada debe realizarse con materiales naturales, como se ha visto en el apartado anterior
		Material ecológico		
		Puede dejarse visto o ser revestido		

Se ha decidido ejecutar la tabiquería mediante placas de yeso laminado debido a que se trata de un material sostenible, a pesar de la perfilera metálica. Las placas de yeso tienen una rápida puesta en obra, permitiendo su adaptación a otros usos y al paso de las instalaciones sin necesidad de ejecutar rozas.

### 3.7. Carpintería

La carpintería interior se realizará enteramente con madera teniendo en cuenta sus propiedades ecológicas inherentes, máxime si tenemos en cuenta que no está sometida a intemperismo alguno, lo que redonda significativamente en un mantenimiento menor desapareciendo o minorando los tratamientos superficiales y reduciéndose por ende costes significativos adicionales.

En lo referente al acristalamiento será conveniente disponer de vidrio doble con cámara de aire para mejorar el aislamiento térmico. En las ventanas y puertas que estén situadas en fachadas, cuyas orientaciones hagan que su exposición al sol sea elevada, los vidrios serán de baja emisividad. Esta solución inicialmente tiene un coste más caro aunque asumible y, perfectamente amortizable, con el tiempo.

En cuanto a los marcos y premarcos es preferible la solución con madera, por encima de aquellas otras que requieran carpintería metálica o de PVC debido a que es la más ecológica y a que posee unas buenas prestaciones térmicas y acústicas.

Se ha seleccionado la carpintería de madera con doble acristalamiento con cámara de aire y para las fachadas sur y las ventanas cenitales además se pondrán cristales de baja emisividad para evitar los sobrecalentamientos en verano.

Tabla 9.

Materiales empleados en la carpintería exterior

**CARPINTERÍA EXTERIOR**

SOLUCIONES	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Madera	Buenas características térmicas y acústicas	Necesita tratamientos superficiales para resistir a la intemperie
	Son muy estancas	
	Tiene un baja conductividad por lo que no es necesaria la rotura del puente térmico	Requiere mantenimiento
	Es la más ecológica de todas	
PVC	Son las más aislantes tanto térmica como acústicamente	La perfilería es más gruesa
	Suelen ser estandarizadas	Es más caro que el aluminio
	No producen condensaciones	Puede sufrir decoloraciones debido a la acción directa del sol
	No requiere mantenimiento	
Aluminio	No requiere mantenimiento	Si no posee rotura del puente térmico aparecen condensaciones
	Es duradero, no se deteriora ni deforma	
	Soportan la radiación solar	
	Reciclable	
	Ligero	
	La perfilería es más estrecha por lo que hay un aumento de la luz natural	

**3.8. Revestimientos**

Existen en el mercado una amplia gama de revestimientos tanto horizontales como verticales e instalables tanto para interior como para exterior.

Los más ecológicos son: la madera, el corcho, la cal y las baldosas de barro cocido.

Siendo los más perjudiciales para el medio ambiente los materiales metálicos y las pinturas sintéticas.

**Exteriores**

Hay que tener en cuenta que, al tratarse de revestimientos exteriores, la durabilidad, el grado de absorción, el mantenimiento, etc., son importantes puesto que van a influir económicamente en el precio de la vivienda, además de en la estética de la misma.

Los materiales sintéticos se descartan puesto que su materia prima es el petróleo y por lo tanto son los menos recomendables desde el punto de vista ecológico

Una opción sería la ejecución de la fachada con fábrica vista puesto que así se emplea una menor cantidad de materiales y mano de obra, resultando más económico.

Tabla 10.

Materiales empleados en el revestimiento exterior.

**REVESTIMIENTO EXTERIOR**

SOLUCIONES	VENTAJAS	INCONVENIENTES	EMPLEO	COMENTARIOS
Baldosa de barro cocido	Se trata de un material pétreo, por lo que puede ser reciclado	Es poroso por lo que no es recomendable en climas fríos al no ser que sea tratado	Suelos	Su colocación es más ventajosa en interiores
Baldosa cerámica	Reciclable	Dependiendo del tipo de acabado puede resultar resbaladiza cuando esta mojada, por lo que no es conveniente su uso en exteriores	Paredes y suelos	Existen muchos tipos de baldosas cerámicas. El más barato es el terrazo y el más caro el mármol.
	Resistente al agua y humedad			
	Fácil mantenimiento	Pueden adquirir porosidad con el paso de tiempo por lo que deben de ser tratados		
	Duradera			
Piedra artificial	Es mejor opción que la piedra natural en el caso de ésta tenga un elevado contenido energético			
Piedra natural	Producto natural y reciclable	Su colocación debe ser adecuada para que no se produzcan fisuras o desprendimientos	Paredes y suelos	Al igual que con las baldosas cerámicas los precios de la piedra natural dependen del tipo que se vaya a utilizar
	Existe una gran variedad			
	Fácil mantenimiento	Dependiendo del tipo de piedra su contenido energético puede ser elevado debido a su proceso de extracción		
	Elevada vida útil			
	Proporciona mayor calidad y dureza			
Madera	Es uno de los más caros	Requiere un mantenimiento continuo	Paredes y suelos	Se debe de hacer una adecuada elección del tipo de madera a emplear puesto que es un factor influyente en la durabilidad de la misma
	Es el más ecológico			
	Reciclable y biodegradable	Mayor nivel de degradación solar en las fachadas sur y oeste por lo que requiere un tratamiento contra el envejecimiento		
	Baja conductividad térmica			
	Ambiente cálido			
	Buen acabado estético	Debe de ser una madera que esté tratada para resistir a la intemperie		
Pinturas naturales	No requieren mucho mantenimiento	Son más caras que las pinturas tradicionales	Paredes	
	Duraderas			
	Son ecológicas			
	Ignífugas			
	Permiten la transpirabilidad de los paramentos			
Cal aérea	Termo Regulador	Secado lento	Paredes	Se utilizan como guarnecido, enlucido, etc.
	Fácil aplicación	Dilatación térmica		
	Impermeable y transpirable	Utilizar en zonas secas, con poca lluvia		
	Buena resistencia			
Hormigón con áridos reciclados	Son las mismas que en el resto de elementos de la vivienda		Paredes y suelos	

## Interiores

Los materiales más recomendados desde el punto de vista ecológico son: la madera, el corcho, el linóleo natural y las baldosas cerámicas. Todos ellos son materiales reciclables y no contaminantes para la naturaleza, por lo que los podemos conceptualizar como medioambientales y óptimos para la construcción sostenible.

Dependiendo del tipo de acabado que se desee y de la zona de la vivienda que se quiera revestir serán más recomendables unos u otros. Así pues, mientras que para las zonas húmedas son más adecuadas las baldosas cerámicas debido a su resistencia al agua y la humedad. En el resto de estancias son buenas soluciones la madera, el corcho, la piedra y el linóleo natural.

La madera aporta calidez a la vivienda frente a la frialdad de otros materiales como la piedra. En cuanto al corcho y al linóleo natural hay que reseñar que son muy resistentes y más económicos que los anteriores. En estos casos se debe tener cuidado con las colas o adhesivos empleados dado el alto índice de toxicidad que conllevan.

### 3.9. Instalaciones

Para aquellas instalaciones (tuberías, bajantes, etc.) que se encuentran en el exterior es preferible el uso de materiales pétreos como por ejemplo la cerámica y el hormigón centrifugado, puesto que estos tienen un menor impacto medio ambiental que los plásticos.

Sin embargo, para las tuberías interiores son más adecuados los materiales plásticos, debido a que las juntas pueden ejecutarse de una forma más estanca, siendo además, más resistentes a todo tipo de fluidos y su presentando una rugosidad mínima. Dentro de estos materiales los más convenientes e interesantes son el PE y el PP, ya que presentan un menor grado de contaminación, pueden ser reciclados y su ciclo de vida es elevado, como ya se ha comentado anteriormente.

En las instalaciones de calefacción es mejor solución el PE, siempre y cuando se trate de suelo radiante, ya que las tuberías se encuentran ocultas, y en el caso de emisores es más beneficioso que si las tuberías se ejecutan de acero negro porque al ser vistas emiten calor por radiación en el ambiente interior. Hay que tener en cuenta, que son soluciones más ecológicas aquellas que no se encuentran empotradas en el suelo o la pared, ya que su recuperación para un ulterior reciclado es más fácil y asequible.

### 3.10. Impermeabilización

Todos los materiales de impermeabilización son sintéticos por lo que se deben emplear aquellos que menor impacto medio ambiental tengan y aquellos que sean más duraderos.

Las características que las láminas impermeables deben de tener son: permeabilidad al vapor, absorción de agua, durabilidad, radiación UV y temperatura máxima y mínima en servicio.

Puesto que en la vivienda hay cubierta verde, la elección de la lámina impermeable es muy importante para evitar filtraciones no deseables.



Imagen 24. Puesta en obra de lámina impermeable EPDM

Fuente: <http://azimuthroofing.com/>

Tabla 11.  
Impermeabilización

## IMPERMEABILIZACIÓN

SOLUCIONES	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Betún modificado con SBS (comportamiento elástico)	Capacidad de soldado	Una vez que funde no recupera la forma
	Gran plegabilidad en frío	Mayor susceptibilidad térmica
	Reciclable	Suelen ponerse dos capas
	Elevada adherencia al soporte	Valor de penetración mayor que el betún modificado APP
Betún modificado con APP (comportamiento plástico)	Buen comportamiento frente a deformaciones lentas	Suelen ponerse dos capas
	Baja penetración a cualquier temperatura	
	Reciclable	
	Buena resistencia al envejecimiento	
	Elevado punto de reblandecimiento	
Butilo o caucho sintético (EPDM)	Estable a los cambios de temperatura	Susceptibles al desgarro
	Facilidad de puesta en obra	Las uniones se realizan con adhesivo que pueden contener sustancias tóxicas
	Reciclable	
	Transpirable	Dificultades para recuperar el material y eliminar impurezas
	Elevada vida útil	
	Gran durabilidad a la intemperie	
	Gran flexibilidad	
PVC	Uniones sencillas	Proceso de construcción y producción perjudicial para el medio ambiente
	Reciclable	Dificultades para recuperar el material y eliminar impurezas
Oxiasfalto	Gran trabajabilidad y adherencia	Frágil a bajas temperaturas
	Económico	Escasa durabilidad

En cuanto al oxiasfalto, hay que decir que no es conveniente su empleo en soleras o muros enterrados porque son zonas donde puede haber humedad continua y además al estar en contacto con el terreno se deterioran más rápidamente.

Se ha decidido realizar la impermeabilización de la cubierta con una lámina EPDM puesto que son las que mayor prestaciones poseen, teniendo especial cuidado con que los adhesivos empleados para su unión no sean tóxicos.

### 3.11. Aislamiento

Una vivienda con un adecuado aislamiento reduce la demanda energética de la misma al poder reducirse los aparatos de climatización.

Se debe tener en cuenta que son soluciones más beneficiosas para el medio ambiente aquellas que no contengan HCFC puesto que daña la capa de ozono, como por ejemplo el XPS o el PUR. Una vez finalizado su ciclo de vida su comportamiento como residuo también es relevante, por este motivo son mejores aquellos aislantes que se encuentran fijados mecánicamente.

Tabla 12.  
Materiales empleados en el aislamiento

## AISLAMIENTOS

SOLUCIONES		VENTAJAS	INCONVENIENTES	USO
AISLAMIENTOS NATURALES	Lana de oveja	Reciclable	No puede estar en contacto directo con el agua	Forjado en contacto con el suelo
		Buena capacidad de regulación higrométrica sin pérdida de las cualidades aislantes.		Solera
		Actúa como termorregulador		
		Natural		Dentro de los aislamientos naturales es el que más emisiones de CO2 emite
		Se adapta a las irregularidades		
		Resistencia al fuego		
		Fácil puesta en obra		
		Ligeros		
	Celulosa	Reciclable al 100%	Hay que tener precaución con la entrada de agua y humedad	Tabiques
		Biodegradable	Se deteriora con el tiempo	Cubiertas
		Sus emisiones de CO2 son mínimas	Debe de estar completamente seco durante su instalación para que no aparezca hongos	Forjados
		Resistencia al fuego y degradación		Aislamiento térmico y acústico
	Cáñamo	Se encuentra de muchas formas: panel, rollo, lanas, fieltro, etc.	Elevado precio	Solera
		Altas prestaciones acústicas y térmicas		Fachadas
		Es un material no tóxico		Aislamiento térmico y acústico
		Elevada capacidad de absorción acústica		
		Reciclable al 100%		
		Posee una elevada resistencia al fuego		Cubiertas
		Sus emisiones de CO2 son negativas		
		Se encuentra de muchas formas: panel, rollo, lanas, fieltro, etc.		
		Puede incluirse en morteros, lo que hace que sean aislantes		
	Corcho	Reciclable al 100%	Precio elevado	Fachadas
		Bueno en zonas con humedad		Cubiertas
Se puede colocar en espacios pequeños ya que es muy fino		Aislante térmico		

## 4. Conclusión

Conforme a lo que he ido demostrando la elección del tipo de material a emplear en la construcción de una vivienda o edificio, así como el sistema constructivo empleado, no solamente influyen en el aspecto ecológico sino también en el económico. Aunque "a priori" los materiales sostenibles son más caros y, en algunos se requiere personal especializado para su colocación y puesta en obra, se puede asegurar que a la larga su empleo será beneficioso obteniéndose una adecuada amortización e implementando su durabilidad, lo que por supuesto se traducirá en un rendimiento económico positivo para el comprador, que verá así colmadas de forma satisfactoria sus iniciales expectativas.

No solo se trata de materiales sostenibles, sino también materiales sumamente eficientes. Una buena selección de los mismos, junto con un adecuado sistema constructivo y una correcta puesta en obra hacen que la vivienda sea perfectamente eficiente reduciendo consecuentemente la demanda energética, sin olvidar que se está contribuyendo al cuidado del entorno natural, mediante el ahorro de las fuentes no renovables.

Existe toda una gama de materiales cuya capacidad y versatilidad favorecen enormemente los sistemas sustentables y, a su vez eficientes, se trata de un mercado emergente, que aprovechando la situación actual favorece su empleo abundando más si cabe, en el entorno satisfactorio, favorecedor sin duda, del medio ambiente o natural.

## Capítulo 3

### Instalaciones

Además de los materiales y sistemas de construcción empleados, también son relevantes para la ejecución de una vivienda sostenible las instalaciones puesto que todas ellas suponen un consumo de agua o energía. Lo más importante es diseñarlas de tal forma que la eficiencia energética se aproveche al máximo y así poder limitar el consumo, produciéndose a su vez un ahorro económico.

Conocer los tipos de instalaciones existentes y realizar una correcta distribución de los mismos influye en la demanda energética. Sería conveniente centralizarlas para poder tenerlas localizadas, así su mantenimiento será más fácil. Estos espacios tienen que estar acondicionados y ventilados y cumplir con la normativa específica existente para cada caso al efecto. En el caso de que las instalaciones pasen por zonas ocultas se deberá disponer de una caja de registro.

Como se ha comentado anteriormente, el aprovechamiento de la luz solar proporciona a la vivienda ganancias tanto térmicas como lumínicas y esto se debe tener en cuenta como aportaciones gratuitas, para ello se tienen que emplear los sistemas más adecuados en cada caso.

#### 1. Instalaciones eléctricas

En primer lugar, sería conveniente que la energía eléctrica se destinara exclusivamente a aquellos usos que posean un mayor rendimiento, siendo normalmente la iluminación y los equipos de fuerza e inducción. Es más efectivo la instalación de una bomba de calor para la refrigeración de la vivienda mediante electricidad. Sería recomendable el empleo de aparatos con certificación energética tipo A.

También es preciso realizar circuitos independientes para electricidad, iluminación y electrodomésticos.

En cuanto a las protecciones del cableado, en vez de usar tuberías de PVC, que son más perjudiciales para el medio ambiente, se deben emplear tubos de PP corrugados, ya que como se ha visto en el capítulo anterior adquieren un mayor nivel ecológico.

Además, se puede evitar el empleo de plásticos en el material eléctrico y sustituirlo por porcelana o *baquelita*<sup>10</sup> que reducen la emisión de gases tóxicos al quemarse y no contiene *organoclorados*<sup>11</sup>. En cuanto al precio dependen de la forma y calidad de los mismos pero no hay mucha diferencia entre ellos.



Imagen 25. Bases de enchufe de porcelana y baquelita  
Fuente: <http://www.produktgesellschaft.de/>

## 2. Instalaciones de iluminación

El consumo eléctrico de una vivienda depende de una serie de factores entre los que destaca su diseño, la zona climática, las dimensiones de las ventanas y su orientación, el factor de luz natural, el color de los acabados, etc.

De toda la energía eléctrica que se utiliza en las instalaciones de iluminación, solamente una pequeña parte se transforma en luz, por lo que aumentar el rendimiento y la calidad de las luminarias es una cuestión básica para ahorrar energía.

Hay que conocer los distintos tipos de luminarias que existen en el mercado para realizar una correcta elección de las mismas, y, todo ello, dependerá de: la calidad de la luz que se desee, el tiempo que se mantenga encendida, la frecuencia de encendido y apagado, así como el lugar y uso de su instalación.

Existen tres tipos de lámparas: de incandescencia y halógenas, fluorescentes normales y fluorescentes compactas.

En las zonas donde la luz vaya a estar encendida durante un largo periodo de tiempo es más adecuado el empleo de fluorescentes, pues se ha demostrado que su gasto es menor a la larga aumentando más su eficacia lumínica y reduciendo sensiblemente los costes de mantenimiento.

En general, se utilizarán luminarias de bajo consumo, son más caras pero a largo plazo se produce un ahorro energético que amortiza el importe inicial.

También sería conveniente el empleo de diversos sistemas de control y regulación lumínica para ajustar al máximo el consumo de electricidad por esta vía (la iluminación), verificando y generando con ello una vivienda con un mayor grado de eficiencia energética.

## 3. Instalaciones de climatización

El consumo de las instalaciones de climatización dependen de varios factores: clima del lugar, orientación, diseño de las ventanas, grado de aislamiento térmico, estanqueidad de la vivienda al aire, etc.

Lo más importante para que las instalaciones de climatización, tanto calefacción como refrigeración, sean eficientes y se produzca un ahorro en la energía consumida es la correcta distribución y orientación de la vivienda.

Se debe de hacer una adecuada distribución de estas instalaciones dividiéndolas en zonas según los usos de las mismas y respetando la orientación de la vivienda, ya que cada espacio está destinado a un fin y por lo tanto las necesidades de climatización varían. Sería conveniente que estas zonificaciones estuviesen integradas en un sistema de control, mediante el cual se garantice el funcionamiento de las instalaciones sólo cuando se considere necesario.

En cuanto a la calefacción, el sistema que menos rendimiento supone es el suelo radiante, ya que funciona con agua a baja temperatura y además se pueden emplear sistemas de energía renovable, como las placas solares, para su funcionamiento. Este sistema tiene el inconveniente, a parte del precio, de que al estar empotrado en el suelo las reparaciones y el mantenimiento son más costosas. Además, habría que aislar perfectamente las tuberías para evitar pérdidas térmicas.

Otra cuestión a tener en cuenta es que las tuberías al pasar por el exterior o por espacios donde no hay calefacción se pueden producir condensaciones, lo que refuerza más si cabe que tengan que estar perfectamente.

Finalmente, en las instalaciones de climatización hay que prestar una especial atención y tener un especial cuidado con el aislamiento térmico instalado, debido a que algunos contienen HCFC, muy nocivos y perjudiciales para el medio ambiente al provocar daños irreversibles en la capa de ozono.

## 4. Saneamiento

### Sistema de recogida de aguas pluviales

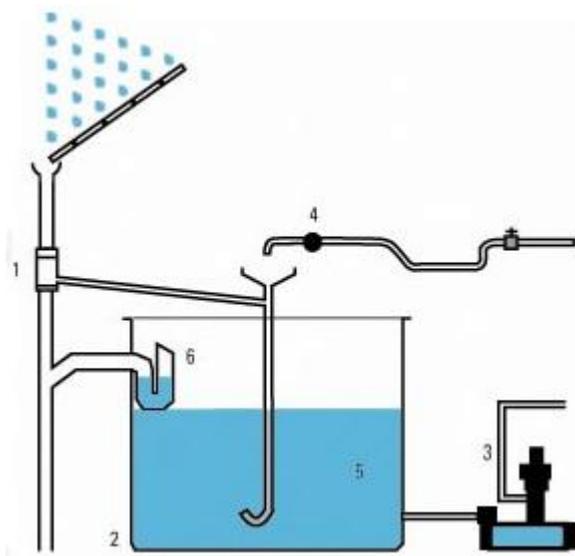
Lo más importante es realizar las instalaciones de saneamiento de aguas limpias y negras por separado, para poder ejecutar un sistema de recogida de aguas pluviales que se utilizará, después de que haya sido filtrada el agua, en duchas, lavabos, fregaderos, etc., (sistemas de agua no potable).

Este sistema consiste en utilizar el tejado de la vivienda como captador acuoso que conducirá la misma mediante los canalones y bajantes a un depósito. Antes de su entrada se colocará un filtro para evitar la penetración de elementos no deseados. Estas instalaciones deben poseer o estar dotadas de sistemas contra el reflujo, los gases de la alcantarilla y los animales. El depósito no puede bajo ningún concepto permitir el paso de la luz, puesto que su presencia es generadora de algas. El depósito debe ser soterrado para que la temperatura del agua sea baja y no haya riesgo de proliferación de bacterias.

La distribución del agua para la vivienda se llevará a cabo mediante un sistema de bombeo con bomba de baja potencia y será, preferiblemente, de polietileno debido a que son más adecuadas para el tipo de agua y además son más económicas.

Por último, el depósito deberá tener un sistema para rellenarlo en caso de que haya escasez de agua. Se dispondrá un interruptor de nivel automático que se activará cuando se necesite rellenar y se desactivará cuando esté lleno.

No es recomendable la ejecución de este sistema en tejados verdes o patios en azoteas, porque el agua contiene demasiada biomasa ni en tejados con tela asfáltica, puesto que la tiñe de color amarillo.



- 1: Filtrado del agua antes de su entrada al depósito.
- 2: Depósito de aguas pluviales.
- 3: Sistema de bombeo para la distribución del agua por la vivienda.
- 4: Tubería de realimentación de agua.
- 5: Interruptor de nivel de agua.
- 6: Sifón de descarga.

Figura 12. Sistema de recogida de aguas pluviales

Fuente: <http://www.ecohabitar.org/>

➤ Cálculo del tamaño del depósito a emplear:

En la vivienda objeto de estudio se recogerán las aguas pluviales del tejado del parking y el porche de la fachada norte, en el tejado verde se desecharán debido a que contienen demasiada suciedad.

Para saber la capacidad del depósito que debe instalarse se deben conocer varios datos.

Pluviometría anual (l/m<sup>2</sup> al año): 700-1000 mm, según la imagen 28 del Anexo II.

Cubierta de recogida (m<sup>2</sup>): 75,60 m<sup>2</sup>

Factor de aprovechamiento:

- Tejado convencional: 0,9
- Hormigón o grava: 0,8
- Tejado verde: 0,5

$700 \times 75,60 \times 0,9 = 47628$  l/año (como mínimo)

$1000 \times 75,60 \times 0,9 = 68040$  l/año (como máximo)

*Volumen de agua para cubrir las necesidades:*

Lavadora 3700 l/persona al año

Limpieza general 1000 l/persona al año

Según la tabla 20 del Anexo II en la vivienda se considerarán que viven 8 personas.

$3700 \times 8 = 29600$  l

$1000 \times 8 = 8000$  l

Total = 37600 l

*Medida del depósito:*

$$\frac{37600+68040}{2} \times \frac{30 \text{ días de periodo de reserva}}{365 \text{ días}} = 4331,24$$
 l de capacidad por lo que se instalará un depósito de 4800 l

## Reciclaje de aguas grises

Las aguas grises son las procedentes de duchas, bañeras y lavabos.

En primer lugar, hay que disponer un sistema separativo de recogida de aguas grises del resto de desagües. Estas aguas son almacenadas y enviadas a un sistema de tratamiento que garantice sus cualidades higiénicas. Posteriormente, se podrán en tareas concretas como: cisternas, riego, etc. Es decir, para todos los usos descartando su uso para lavabos, duchas y bañeras.

Estos sistemas pueden ser de dos tipos: localizados o centralizados. En cuanto a los primeros, es decir, a los sistemas localizados, hay que tener en cuenta la disposición de un espacio adecuado donde vayan a ser instalados, pues se tendrá que ubicar tanto el propio depósito como los sistemas adyacentes de tratamiento.

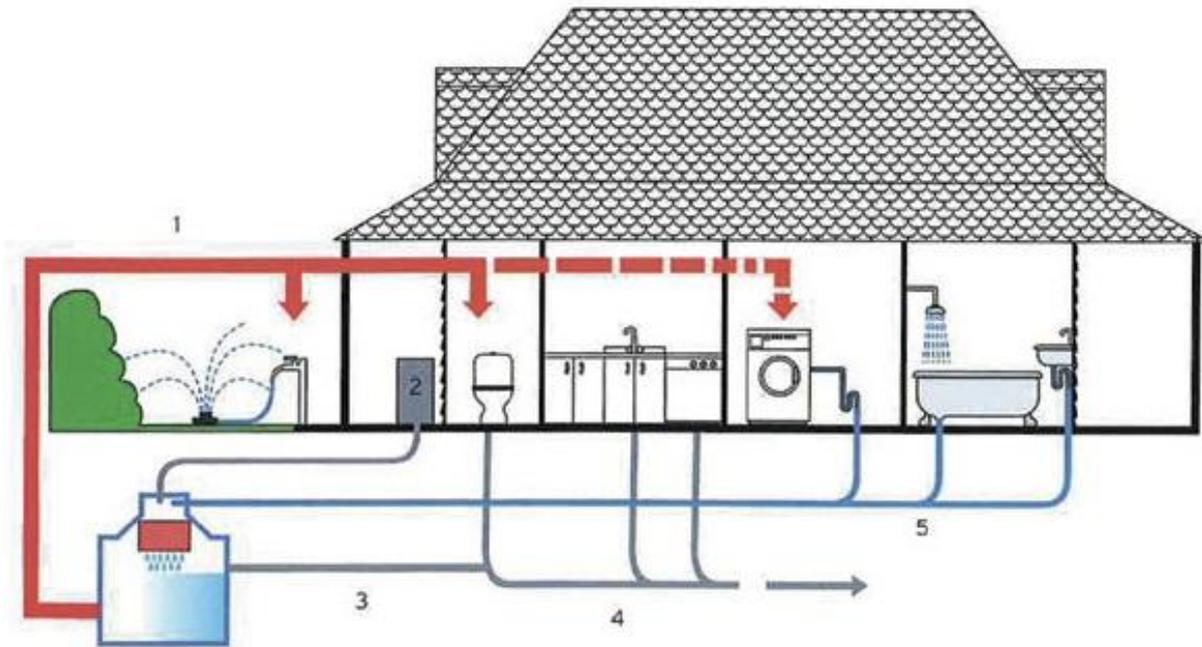


Figura 13. Sistema de reciclado de aguas grises

Fuente: <http://www.terra.org/categorias/libros/la-casa-ecologica>

- 1: Aguas grises recicladas.
- 2: Control de proceso.
- 3: Agua sobrante que se expulsa a la red de saneamiento.
- 4: Aguas expulsadas a la red de saneamiento.
- 5: Aguas grises que van a ser recicladas.



Figura 14. Sistema de reciclado de aguas grises localizado

Fuente: <http://interiores.com/aprovechar-aguas-grises-ecologia-y-ahorro/>

*Calculo instalación de aguas grises en la vivienda objeto de estudio:*

Se ha decidido realizar el reciclado de aguas grises mediante sistema centralizado puesto que hay espacio en el exterior y, de este modo, no se reducen las dimensiones de los baños.

Para saber que depósito instalar se debe calcular la demanda de agua tratada.

Se va a considerar 25 l/ persona al día en la recarga de agua de la cisterna y 4 l/ m<sup>2</sup> de riego, por lo tanto:

$$25 \times 8 = 200 \text{ l al día}$$

$$150 \times 4 = 600 \text{ l riego}$$

$$\text{Total} = 800 \text{ l}$$

Suponiendo que la producción de aguas grises de la vivienda son 100 l / persona, se obtiene:

$$100 \times 8 = 800 \text{ l}$$

Por lo que se necesitará un tanque de 800 l como mínimo.

## 5. Agua

Para reducir el consumo de agua es importante la instalación de aparatos de mayor eficiencia y que tengan un mantenimiento que evite las fugas accidentales.

En las zonas donde las aguas sean duras será conveniente la instalación de una descalcificadora para evitar los posibles problemas que pueda ocasionar en electrodomésticos y tuberías, además que al ser tan agresiva puede provocar obstrucciones.

En el caso de que la calidad del agua sea baja se podrían utilizar una serie de filtros o aparatos que la mejoren y así poder consumir agua directamente del grifo sin tener que comprar embotellada.

### ACS

Es conveniente el estudio de la disposición de sistemas de placas solares para ACS. Esta cuestión se encuentra ya definida y explicada en el siguiente capítulo.

### Sistemas de ahorro del consumo de agua

- Utilizar inodoros secos o de bajo consumo.

Los inodoros secos son sistemas biológicos, cuyo principal objetivo es separar los residuos sólidos de los líquidos mediante un mecanismo sencillo. Los residuos sólidos son deshidratados y desecados mediante una mezcla de tierra y cal convirtiéndose en abono orgánico y los residuos líquidos van a la red principal de saneamiento.



Imagen 26. Inodoro seco

Fuente: <http://viviendoenlatierra.com/>

- Reducir el caudal de agua de los grifos.

Existen varias soluciones como, por ejemplo instalar sistemas de incorporación de aire en la salida de los grifos que elevan el caudal y dan la sensación de que hay más agua, empleo de grifería termoestática que permite poner la temperatura del agua previamente a encender el grifo (para duchas y bañeras). Es más conveniente que los grifos sean de tipo monomando.

- Instalaciones de riego.

Estudiar la incorporación de energía fotovoltaica para el riego y sistemas que minimicen el consumo de agua, como la utilización de aspersores regulados o difusores de humedad.

## 6. Conclusión

Bajo mi óptica concreta, considero que las instalaciones constructivas constituyen un factor decisivo e influyente tanto en la eficiencia energética, como en el medio ambiente. Lo principal, sin duda es disminuir el consumo de agua, el gasto de luz, o en general de electricidad. Se trata pues, de una mayor concienciación social al respecto, dada la imperiosa necesidad actual de ahorro energético que todos los países debemos afrontar.

Comprar luminarias de bajo consumo, electrodomésticos de categoría tipo A o hacer un gasto responsable de la energía, es el objetivo básico que todos debemos acometer para lograr finalmente y, de forma satisfactoria, el ahorro energético imperiosamente necesario.

Los recolectores de aguas pluviales, así como el reciclado de aguas grises reducen bastante la demanda energética en lo tocante al gasto de agua. Estos son sistemas bastante sencillos que manifiestan un considerable ahorro tanto para el usuario particular, como para toda la sociedad en general; así pues, en términos de rentabilidad económica podemos observar que con el uso de estos sistemas se puede amortizar a medio plazo el gasto de su instalación y, a corto plazo en el caso de que su uso se estandarizara, lo que sin duda abarataría su costo.

# Capítulo 4

## Energías renovables en viviendas

### 1. Placas solares de ACS

La energía solar térmica puede ser aprovechada para producir ACS, lo que conlleva un ahorro en la energía para su producción.

Esta instalación está formada por: colectores solares, un circuito primario y otro secundario, intercambiador de calor, vaso de expansión, acumulador y tuberías.

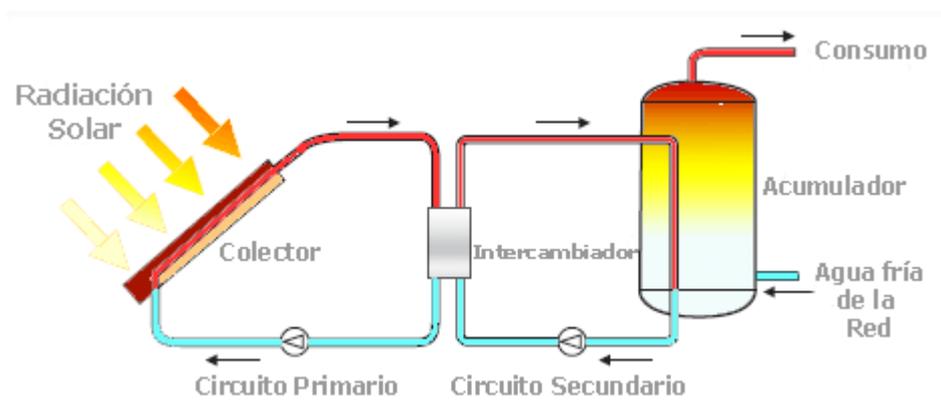


Figura 15. Sistema de ACS mediante colectores solares.

Fuente: <http://www.suelosolar.es/>

Estos sistemas captan la energía radiante del sol, mediante unos colectores, y la almacenan en un depósito para su posterior utilización, la capacidad del mismo dependerá del número de usuarios de la vivienda. Estos captadores utilizan un fluido portador del calor que calienta el agua a baja temperatura. Los colectores se encuentran unidos entre sí y transfieren la energía mediante un sistema intercambiador a un depósito. Existe un sistema auxiliar de energía que se utiliza cuando la temperatura del agua es menor a 45°C.

Los captadores solares deben estar orientados al sur con una inclinación que dependa del uso de la instalación: si se va a utilizar durante todo el año, dicho ángulo será igual a la latitud en la que se encuentre situado; si se va a usar solamente en invierno será la latitud más 10° y si se emplea solo en verano será la latitud menos 10°.

La orientación e inclinación del sistema de captación y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas respecto al óptimo, sean inferiores a los límites de la tabla que aparece posteriormente. Se considerarán tres casos: general, superposición de captadores e integración arquitectónica. En todos los casos se han de cumplir tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

Para el dimensionado e inclinación de los colectores solares y cálculo de la demanda energética se seguirán las instrucciones según el CTE DB HE-4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

Tabla 13.

**Valores límite de pérdidas.**

Fuente: Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura. IDAE

	<i>Orientación e inclinación (OI)</i>	<i>Sombras (S)</i>	<i>Total (OI+S)</i>
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

**Nota.** Fuente: Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura. IDAE

Existen dos tipos de instalaciones: circuito con circulación natural y circuito con circulación forzada.

**Instalaciones con circulación forzada**

Es necesaria la incorporación de una bomba de impulsión para transportar el fluido de los colectores al depósito. Entre sus inconvenientes destaca el empleo de energía eléctrica para su funcionamiento y el precio, es el más caro de todo los sistemas. En cuanto a las ventajas, la más importante es que el rendimiento es mejor y el acumulador no se encuentra en el tejado mejorando de forma ostensible su estética.

**Instalaciones con circulación natural**

En esta instalación el depósito debe de colocarse en lugar situado en un nivel superior al de los colectores para que se produzca la convección por diferencia de temperaturas, dicha altura debe ser mayor a 30 cm.

Este sistema se emplea en zonas cálidas e instalaciones pequeñas.

Entre las ventajas destaca: su precio puesto que al no tener bomba de impulsión es más económico, su fácil instalación y que no necesita energía eléctrica para su funcionamiento. Pero tienen un rendimiento menor y afectan a la estética de la vivienda.

**2. Placas fotovoltaicas**

La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación solar en electricidad mediante un dispositivo semiconductor llamado célula fotovoltaica. En este dispositivo se genera una corriente continua, debido a la incidencia del sol, que circula hasta llegar al inversor que la transforma en corriente alterna utilizándose para el consumo eléctrico de la vivienda. La electricidad sobrante se almacena en baterías acumuladoras hasta su provisión en épocas de menor irradiación solar.

Las más comunes están compuestas por células de silicio monocristalino que poseen un rendimiento satisfactorio. Lógicamente dicho rendimiento depende de la orientación respecto al sol de las placas y de la superficie instalada de las mismas.

Las condiciones de funcionamiento de este sistema dependen principalmente de la intensidad de la radiación solar, la cual será diferente en función al momento del día.

También es importante la orientación, un panel genera energía incluso sin luz solar directa, pero el mayor rendimiento se obtiene en presencia de la misma y con una orientación al sur. La inclinación de los paneles depende de: la latitud de la zona en la que se encuentren con una tolerancia de +/- 20°, de si se trata de una instalación fija o móvil y de la época del año. Para la utilización anual de las placas es suficiente con un solo ángulo de alrededor de 60°, en las zonas donde la nieve sea frecuente es recomendable una inclinación

superior a los 45° para favorecer el deslizamiento de la misma. La inclinación mínima será de 15° para permitir el deslizamiento del agua en caso de lluvia.

## 2.1. Componentes

### Células fotovoltaicas

Son las encargadas de transformar la energía del sol en corriente continua.

Están fabricadas mediante elementos semiconductores normalmente de germanio o silicio. Estos materiales poseen unas cualidades eléctricas únicas, cuando hay luz solar los electrones se excitan debido a que los fotones de la luz se mueven a través del material generando una corriente eléctrica continua (efecto fotovoltaico).

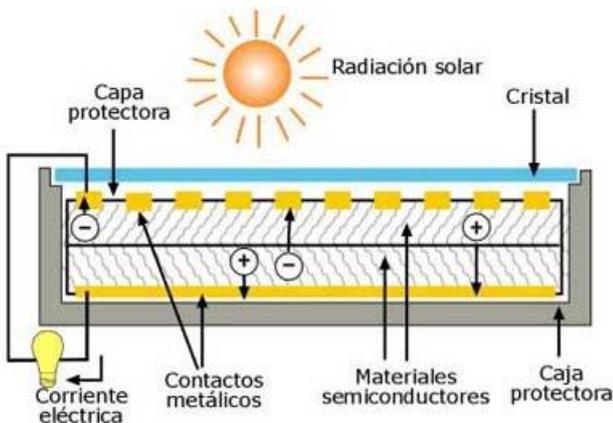


Figura 16. Funcionamiento de la célula fotovoltaica

Fuente: <http://www.empresaeiciente.com/>

### Inversores

En las células fotovoltaicas se genera corriente continua y a bajas tensiones, al llegar al inversor la transforma en corriente alterna para poder suministrarla a la vivienda.

### Cableado

El cableado es el encargado de transportar la energía desde que se genera en las células fotovoltaicas hasta su almacenamiento o consumo.

### Regulador

El regulador es un dispositivo electrónico que permite emplear la energía almacenada en las baterías y además gestiona la carga.

### Batería

La batería es la encargada de almacenar la energía sobrante.

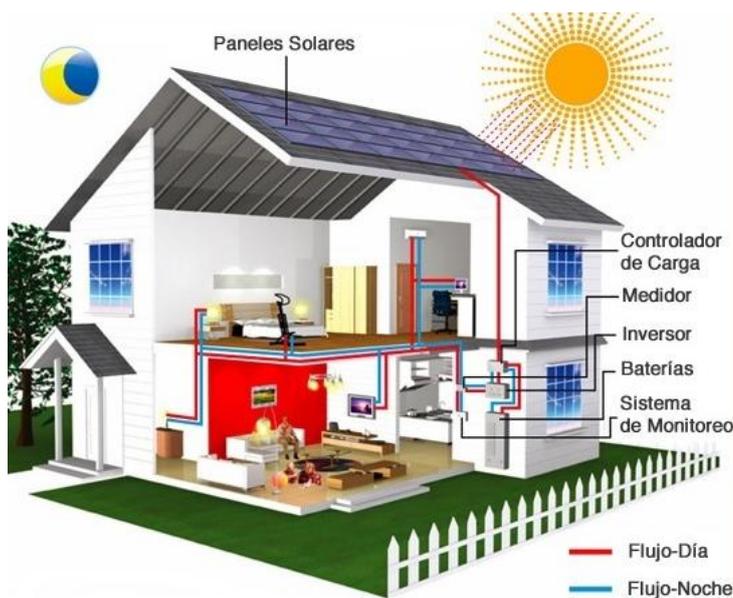


Figura 17. Funcionamiento de la energía solar fotovoltaica

Fuente: <http://ingemecanica.com/>

## 2.2. Mantenimiento

En cuanto al mantenimiento de los paneles se puede decir que prácticamente no tiene, simplemente se tiene que limpiar de vez en cuando con un producto no abrasivo.

En las baterías solamente se tiene que comprobar los niveles de electrolito que tienen que estar por encima de 20 mm si es inferior se rellena con agua destilada. Esta comprobación se realizará cada seis meses más o menos.

## 2.3. Ventajas e inconvenientes

El mayor de los inconvenientes es el precio inicial que supone la instalación. El periodo de amortización es largo, encontrándose entre 9 y 15 años.

Las ventajas son diversas: coste nulo una vez realizada la instalación debido a que no requiere mantenimiento, y de montaje polivalente dada su enorme integración arquitectónica en el seno de la vivienda (tejados, azoteas, fachadas, parasoles, lamas, etc.)

## 2.4. Instalación de la energía solar en la vivienda objeto de estudio

Las placas fotovoltaicas se van a integrar en la fachada sur, en un entramado de lamas orientables.



Imagen 27. Entramado de lamas orientables con placas fotovoltaicas integradas.

Fuente: <http://www.fenercom.com/>

## 2.5. Cálculo de la superficie de placas fotovoltaicas necesarias

Se considera un consumo anual estándar de 3500 kwh

Datos estimados:

$$\eta_{\text{regulador}} = 0,95$$

$$\eta_{\text{baterías}} = 0,94$$

$$\eta_{\text{inversor}} = 0,96$$

$$C_{ea} = \frac{C_{\text{anual estándar}}}{(\eta_{\text{reg}} \cdot \eta_{\text{bat}} \cdot \eta_{\text{inv}})} = \frac{3500}{(0,95 \times 0,94 \times 0,96)} = 4082,68 \text{ kwh al año}$$

Considerando que un año tiene 365 días el consumo diario sería ( $C_{ed}$ ):  $\frac{4082,68}{365} = 11,18 \text{ kw día}$

*Radiación solar disponible según la ubicación de la vivienda:*

Tabla 14.

**Radiación solar mensual en Cuenca (kwh/m<sup>2</sup>)**

Fuente: Instituto nacional de meteorología (1985-2005)

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2,5	2,8	4,4	4,6	5,5	6,3	7,1	5,8	5,3	3,8	1,9	1,9

**Nota.** Fuente: Instituto nacional de meteorología (1985-2005)

Se selecciona el mes que peor radiación recibe, en este caso es diciembre con un 1,7 kwh/m<sup>2</sup>

*Número de placas solares*

$$N_p = 1,1 \frac{máx.}{C}$$

$$P_{max} = \frac{C_{ed}}{R_d} = \frac{11185}{1,9} = 5886,84$$

C: potencia de captación del panel medido en watios pico. Depende de las diferentes marcas y modelos existentes en el mercado.

Se ha elegido el modelo ISF-255, el cual tiene una potencia de captación de 255 w

1,1: número estimado para compensar las pérdidas por orientación, limpieza paneles, etc.

$$N_p = 1,1 \frac{máx.}{C} = 1,1 \frac{5886,84}{255} = 25,4 \text{ placas fotovoltaicas.}$$

Considerando que tienen unas medidas de 1x1,6 la superficie de una placa sería:

$$1 \times 1,6 = 1,6 \text{ m}^2$$

$$25,4 \times 1,6 = 40,64 \text{ m}^2 \text{ de placas solares fotovoltaicas.}$$

En la vivienda tenemos una superficie de 43,28 m<sup>2</sup>

### 3. Biomasa

La energía biomasa es aquella que se obtiene de los compuestos orgánicos mediante procesos naturales. Las plantas absorben la radiación solar y transforman esa energía solar en química, este proceso se llama fotosíntesis, una parte de la energía química se acumula en forma de materia orgánica. Ésta energía puede recuperarse por combustión directa o transformando esa materia en otros combustibles.

Otra posibilidad es el empleo de la biomasa para la ejecución de biogás, que tiene una composición similar a la del gas natural. Para su fabricación se necesita un depósito, llamado digestor, en los cuales se van acumulando los restos orgánicos, residuos de cosechas u otro cualquier material que pueda descomponerse. Todos estos residuos fermentan por la acción de los microorganismos emitiendo unos gases que pueden ser almacenados o transportados para su posterior utilización.

En el mercado existen calderas de biomasa que funcionan mediante: "pellets"<sup>12</sup> (que son las más habituales), briquetas o astillas (con rendimientos menores y menos económicas que la anterior) y las múltiples (pueden quemar diferentes productos debido a que tienen un potente regulador pero son las más caras). Existen distintos tipos de pellets debiendo comprar el que salga más rentable, para saber esto se tiene que tener en cuenta que dos kilos de los mismos equivalen a un litro de gasoil.

La caldera de biomasa requiere una inversión inicial pero que se ve amortizada posteriormente. En una vivienda unifamiliar aislada la amortización roda sobre los 8 años.

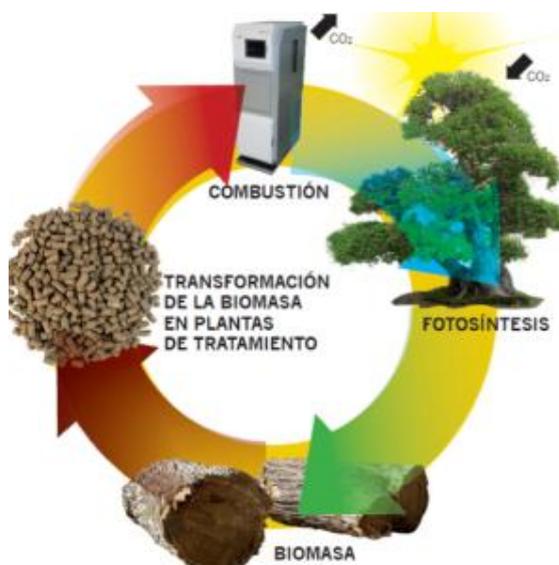


Figura 18. Generación de la energía biomasa

Fuente: <http://arqgea.wordpress.com>



Figura 19. Caldera de biomasa

Fuente: <http://www.ecointeligencia.com/>

Las calderas de biomasa funcionan prácticamente igual que las calderas de combustible fósil, aunque son un poco más caras.

En cuanto a las ventajas cabe destacar que la emisión de CO<sup>2</sup> es casi nula y además los pellets son rentables (son más económicos que el gasóleo o el propano). Sin embargo, se necesita mayor cantidad de pellets para obtener la misma energía que con los combustibles fósiles, en algunas calderas se necesita combustible procesado y la instalación debe de estar situada en un local habilitado para dicho fin.

Estas instalaciones son duraderas, poseen una vida útil que ronda los 20 años.

#### 4. Conclusión

De lo expuesto anteriormente se infiere la existencia de varios tipos de energías renovables, algunas más económicas que otras, e incluso en algunos casos también con un grado mayor de eficiencia. Todos estos sistemas suponen un enorme ahorro de energía que a largo plazo redundará en beneficio de todos, ya sea para uso eléctrico, uso en calefacción o ACS. Además, en la actualidad, se está avanzando mucho en este campo, lo que ha permitido la existencia de nuevos y modernos sistemas que posibilitan la perfecta integración de dichas instalaciones en la vivienda, sin necesidad de tener que ubicar grandes elementos que puedan dañar la estética de la vivienda.

También, el conocimiento de los distintos tipos de energías renovables disponibles, la situación geográfica de la vivienda; así como su geometría y orientación, son cuestiones que revisten una gran importancia para saber qué tipo o tipos de energía son los más adecuados y convenientes para este tipo de vivienda sostenible.

# Capítulo 5

## Descripción de la vivienda objeto de estudio

### 1. Emplazamiento y plano de situación

Se trata de una vivienda unifamiliar exenta situada en la localidad de Sotos (Cuenca), en la parcela 28 del polígono 508.

Tiene su fachada principal orientada al norte.

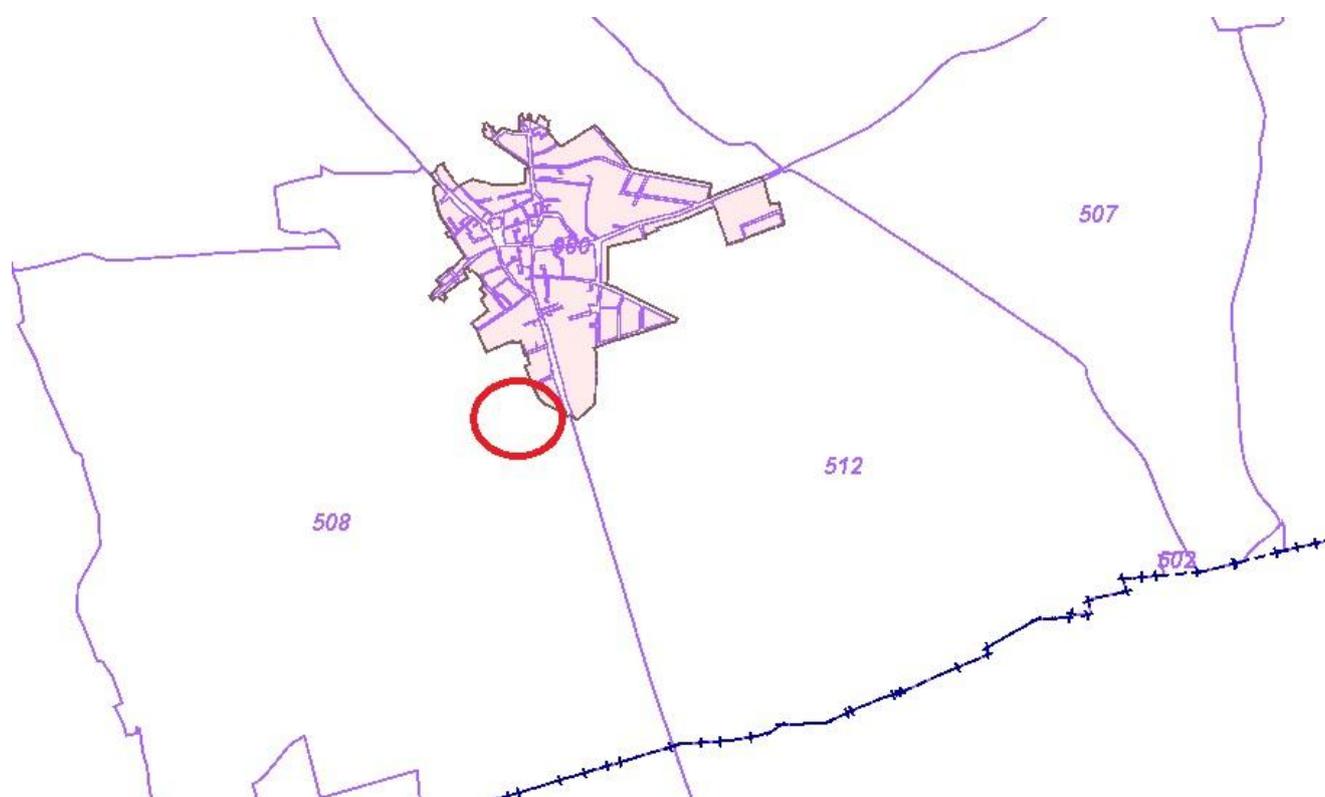


Figura 20. Plano de situación

Fuente: <http://www.goolzoom.com/>

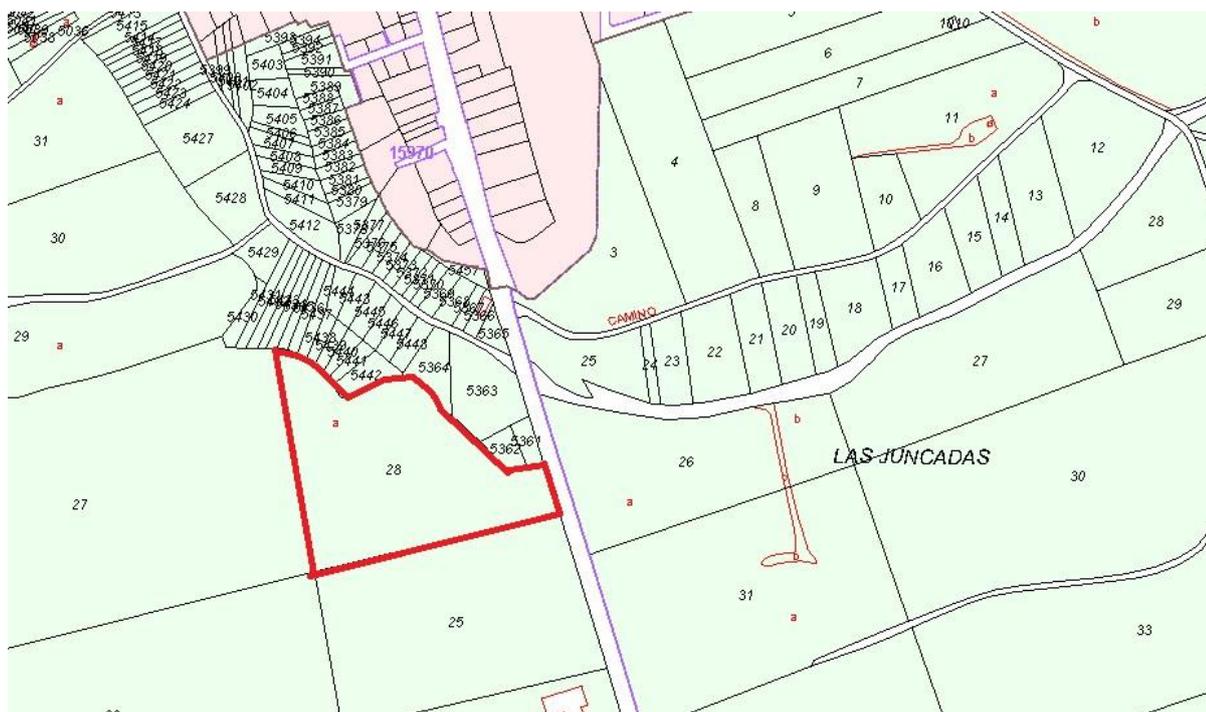


Figura 21. Plano de emplazamiento

Fuente: <http://www.goolzoom.com>

## 2. Descripción de la parcela y su entorno.

La vivienda se encuentra situada en la periferia de la población conquense de Sotos, ubicada en una zona poco urbanizada. Se entra de un entorno de "rururbanización", conjugándose perfectamente distintos elementos y aspectos urbanos, con aquellos otros que son esencialmente rurales.

La parcela tiene una superficie de 18.541 m<sup>2</sup> y presenta una forma sensiblemente triangular.

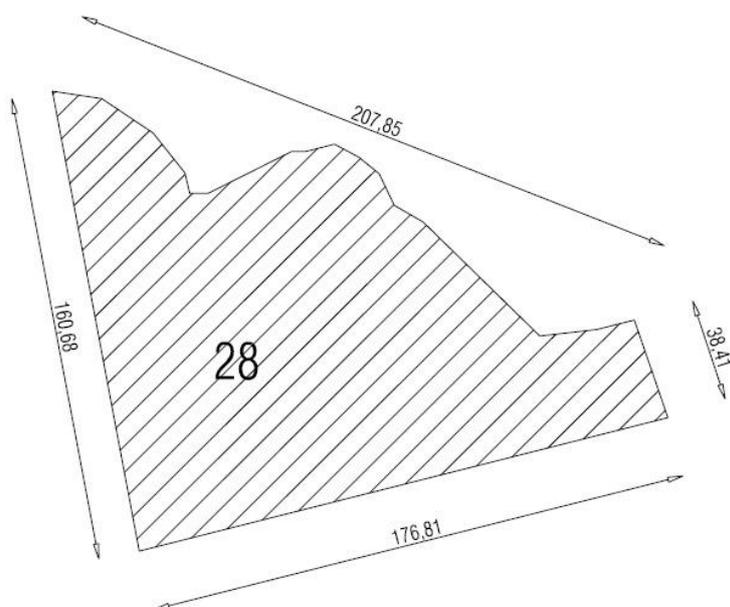


Figura 22. Parcela donde se ubica la vivienda objeto de estudio.

### 3. Descripción de la vivienda.

Se trata de una vivienda unifamiliar constituida por dos plantas: baja y primera, y con una superficie construida total de 262,88 m<sup>2</sup>.

Consta de seis dormitorios, dos baños, un aseo, un salón-comedor, una cocina, un lavadero y una sala de estar.

Las fachadas con mayor superficie están orientadas al norte y sur, en ésta última orientación se han dispuesto grandes ventanales para poder aprovechar la radiación solar invernal y se han instalado, además una lamas integradas dentro de la carpintería que, a su vez, son orientables; también se han incorporado placas solares fotovoltaicas. En la fachada norte las aberturas son las mínimas para garantizar la ventilación cruzada y para que no se produzcan pérdidas térmicas. En la fachada orientada al oeste se ha dispuesto un voladizo que cubre la planta baja para evitar sobrecalentamientos y en la planta primera se ha dejado volar el tejado, es decir, este presenta un aspecto de porche para que produzca sombra.

Se ha instalado un sistema de recogida de aguas pluviales en el tejado del parking y en el porche de la fachada norte. Se descarta su recogida por este sistema del resto de la vivienda, debido a que se ha ejecutado una cubierta provista de tejado verde. La vivienda también cuenta con otro sistema para el reciclado de aguas grises. Ambos se encuentran instalados de forma soterrada para que no ocupen espacio en el interior de la vivienda.

Se ha descartado el uso de placas solares de ACS debido a que se instalará un termo eléctrico por lo que no son necesarias, lo que redundará en un beneficio económico mayor para el usuario.

En cuanto a la climatización, al tratarse de un clima fresco en verano y más bien frío en invierno, se hace necesario el aislamiento perfecto de la vivienda así como que su orientación sea la adecuada, lo que favorece un hecho diferencial y es que no hay que instalar sistemas de aire acondicionado, con el consiguiente ahorro energético y económico que ello conllevaría. En lo referente a calefacción, se desecha el sistema por calefacción radiante debido a la problemática que pueda ocasionar tanto su mantenimiento como su reparación, máxime si se tiene en cuenta el gasto económico que supone su instalación.

#### Descripción de los sistemas constructivos empleados

Cimentación: cimentación superficial compuesta por zapatas aisladas y riostras ejecutada con hormigón armado con áridos reciclados.

Forjado sanitario: ejecutado mediante módulos de polipropileno reciclado. Se ha elegido este sistema debido a su rápida ejecución, al ahorro de materiales y su fácil montaje y mantenimiento, además permite el paso de instalaciones y está ejecutado con material reciclado.

Forjado entreplanta: se ha seleccionado un sistema prefabricado de forjado de madera. Todas las maderas empleadas poseen certificado ecológico y poseen los tratamientos adecuados para su mantenimiento y conservación sin que estos perjudiquen al medio ambiente.

Cubierta: se ha realizado un tejado verde debido a las grandes características ecológicas y aislantes que posee, como se ha comentado en capítulos anteriores.

Cerramiento: compuesto por una hoja de ladrillo de cáñamo y enlucido por ambas paredes con mortero de cal aérea. Los ladrillos son recibidos con mortero de cal hidrófuga. El acabado exterior se realiza con pintura natural de color blanco para evitar atraer la radiación solar.

Tabiquería: se ha optado por ejecutar la tabiquería con paneles prefabricados de yeso, debido a que se trata de un sistema estandarizado, permite el paso de instalaciones sin necesidad de realizar rozas, es un sistema con un fácil montaje, ligero, permite la adaptación de la vivienda para futuras reformas y además el yeso es un material totalmente reciclable y ecológico.

Carpintería: toda la carpintería es de madera, la exterior contará con los tratamientos superficiales necesarios para su mantenimiento en la intemperie.

Acristalamiento: todas las ventanas y puertas acristaladas exteriores contarán con vidrios dobles con cámara de aire y además en todas las fachadas, excepto en la norte, serán además de baja emisividad.

Todos estos detalles se complementan con el Anexo IV Planos.

### Cuadros de superficies útiles

Tabla 15.

#### Superficie útil planta baja

<b>PLANTA BAJA (m<sup>2</sup>)</b>	
Porche	9,62
Entrada	12,62
Estar-comedor	29,43
Cocina	23,98
Cuarto colada	8,48
Aseo	3,08
Habitación principal	11,64
Habitación 1	10,74
Baño	6,24

Tabla 16.

#### Superficie útil planta baja

<b>PLANTA PRIMERA (m<sup>2</sup>)</b>	
Distribuidor	27,01
Sala de estar	10,87
Baño	6,24
Habitación 2	11,62
Habitación 3	11,74
Habitación 4	11,04
Habitación 5	10,80
Terraza cubierta	15,23

### Cuadro de superficie construida

Tabla 17.

#### Superficie útil planta baja

<b>PLANTA BAJA (m<sup>2</sup>)</b>	130,25
<b>PLANTA PRIMERA (m<sup>2</sup>)</b>	114,34
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>	262,88

## Conclusiones finales

Como se puede comprobar hoy en día, las preocupaciones por el cuidado del medio ambiente están siendo cada vez mayores en la sociedad. A lo largo de este trabajo se ha mostrado cómo es posible reducir el impacto medio ambiental en el sector de la construcción, mediante la ejecución de viviendas sostenibles o casas ecológicas que, a la vez que minorizan el impacto visual que causan las edificaciones sobre el entorno natural, son eficientes, por lo que se reduce considerablemente la demanda energética y el consumo de las materias primas no renovables.

### Aspectos integradores de las disciplinas de la titulación

Me han servido como elementos implementadores para ejecutar este trabajo asignaturas tales como: La Luz, el Calor y el Sonido en Edificación; Instalaciones I y II y las diferentes asignaturas de construcción.

- La Luz, el calor y el Sonido.

Optativa impartida a lo largo del tercer curso.

Asignatura interesante desde el punto de vista ecológico, puesto como se ha comentado a lo largo de este trabajo las instalaciones y el adecuado aislamiento forman parte de la eficiencia y el ahorro que ello conlleva de una vivienda.

Se encuentra dividida en tres bloques y en cada uno de ellos se aportan conocimientos necesarios e imprescindibles para hacer de una edificación una vivienda eficiente. Se realizan prácticas muy útiles para poder comprender los fundamentos principales de la luz, el sonido y el calor, así como el aprendizaje de programas de certificación energética, muy demandados en la actualidad y de programas como dialux para saber que tipo de iluminación es la más adecuada.

Como se ha podido comprobar, un adecuado aislamiento tanto térmico como acústico hacen que se reduzcan los sistemas de climatización, lo que conlleva a un ahorro económico. Además una buena orientación y una adecuada combinación de elementos fijos y móviles para tener protecciones solares, hacen que se reduzca el consumo de la luz.

- Instalaciones I y II

Estas asignaturas se han visto durante el segundo curso y a lo largo de los dos cuatrimestres.

Ambas poseen contenidos similares siendo sus principales objetivos las distribuciones de las instalaciones de saneamiento, electricidad, agua potable y ACS según las normativas vigentes, así como el cálculo de la demanda de ACS mediante placas solares.

Todo esto me ha servido para poder realizar el estudio de las placas solares de ACS para comprobar si su ejecución podía ser prescindible, también me ha ayudado para poder realizar correctamente, como se puede comprobar en el Capítulo 3 y en los planos finales de la vivienda, las instalaciones de recogida de aguas pluviales y reciclaje de aguas grises.

- Construcción II

El objetivo principal de esta disciplina, vista durante el segundo curso y con una duración de un cuatrimestre, es conocer la terminología constructiva y definir y saber los tipos y la forma de ejecución de las cubiertas tanto inclinadas como las azoteas y la aplicación de la normativa para la ejecución de las mismas. A través de esta asignatura he aprendido el comportamiento de los distintos sistemas constructivos y los análisis de sus secuencias constructivas, así como las ventajas y limitaciones que posee cada uno de ellos

Estos factores han influido en gran parte en este trabajo debido a que la cubierta es un elemento muy importante de la vivienda y no se suele tener en cuenta. Una correcta ejecución de la misma y la elección del sistema adecuado influye en el ahorro o no de energía. Por ejemplo, en climas fríos la realización de una azotea plana para una vivienda unifamiliar no es del todo recomendable, sería más conveniente una solución mediante un tejado inclinado para que no se acumule la nieve y no se produzcan sobre pesos en la misma; del mismo modo que en una zona donde haya frecuentes precipitaciones tampoco es adecuada.

#### ➤ Construcción III

Disciplina que se imparte durante el segundo cuatrimestre del segundo curso.

Dicha asignatura tiene como objetivos principales, al igual que la anterior, el conocimiento de los distintos tipos de cerramientos y divisiones interiores, su funcionamiento y puesta en obra, el conocimiento de la terminología referente a los mismos, la ejecución de soluciones constructivas con especificación de los materiales que las componen, etc.

Gracias a ella he podido decidir qué tipo de cerramiento y tabiquería era el más adecuado para la ejecución de una vivienda sostenible, puesto que el conocimiento otorgado por esta asignatura me ha dado los conocimientos necesarios para poder realizar un análisis de los distintos existentes y decidir, de este modo, la mejor solución no solo desde el punto de vista ecológico si no también desde el punto de vista de la eficiencia.

#### ➤ Construcción IV y V

Asignaturas impartidas durante el tercer curso y a lo largo de los dos cuatrimestres.

Se basa en hacer que el alumno sea capaz de intervenir en el proceso técnico de la construcción de edificios pasando por el control de calidad de los mismos y su seguridad. A través de ella se aprende el comportamiento estructural de las diferentes solicitaciones a las que está sometido un edificio, así como los distintos tipos de sistemas constructivos existentes.

La asignatura de Construcción IV está dedicada exclusivamente a las estructuras de acero, mientras que en la de Construcción V se detallan las estructuras de hormigón armado.

En esta vivienda se ha ejecutado un forjado de madera por lo que la influencia en el trabajo de estas asignaturas ha sido mínima, aunque me han ayudado para poder ejecutar una correcta cimentación y para saber las cualidades de los distintos tipos de estructuras y valorar cuál de ellos es el más adecuado para este tipo de viviendas.

#### ➤ Materiales de construcción I y II

Ambas disciplinas se imparten durante el segundo año de carrera y por espacio de dos cuatrimestres.

Aunque dichas asignaturas están orientadas a materiales más tradicionales sin tener en cuenta el punto de vista ecológico y el impacto que pueden causar al medio ambiente, han servido para poder realizar un listado de materiales empleados en la construcción, desde los más convencionales a los más "modernos" como por ejemplo el cáñamo.

### Limitaciones y ámbito de utilización del trabajo

Como se ha comentado en el primer capítulo, una vivienda sostenible es aquella que asegura la eficiencia energética durante todo su ciclo de vida y que además está en consonancia con la naturaleza causando el menor impacto medio ambiental posible.

Hay una serie de factores que se deben tener en cuenta y que hay que intentar mejorar, siendo las viviendas sostenibles una buena solución. La mitad de las emisiones de CO<sup>2</sup> se producen en el entorno de los núcleos urbanos, así mediante una adecuada elección de materiales y sistemas constructivos este factor puede

reducirse considerablemente. Para la consecución de este fin los ladrillos de cáñamo son muy interesantes debido a que durante su proceso de elaboración absorben el CO<sup>2</sup>. Otro dato relevante es la gran cantidad de residuos que generan las edificaciones y que dependiendo de los materiales y sistemas empleados pueden hacer posible su reciclaje, disminuyendo esto en gran medida y contribuyendo al ahorro de materias primas.

En este trabajo se han abordado varios temas a la hora de la contribución en la eficiencia energética para una vivienda tipo y causar el menor impacto ambiental. Los temas tratados abarcan desde su diseño exterior e interior, adecuándolo a las condiciones climáticas y ambientales de la zona e integrándolo en el entorno para reducir el impacto visual, hasta su orientación y selección tanto de materiales y como sistemas constructivos que minimizarían en gran medida el impacto nocivo del entorno natural. Como se ha comentado en el Capítulo 2, la elección de los materiales se debe realizar en función del impacto ambiental que causen y la eficiencia que otorguen a la vivienda, se debe llegar a un punto de equilibrio entre ambos, y al ser posible emplear aquellos materiales que posean un certificado o sello ecológico, como por ejemplo las maderas con sello FSC.

También se han tratado en este trabajo, temas referentes a las energías renovables e instalación de sistemas de recogida y reciclado de aguas que pueden disponerse en una vivienda unifamiliar para contribuir con la reducción de energías no renovables, minimizar el consumo de agua y además hacer de nuestra vivienda tradicional una casa eficiente.

Una de las limitaciones del trabajo viene motivada por la restricción de la sostenibilidad en la vivienda, ya que este es uno de los temas que se encuentra en un proceso constante de cambio debido a su amplitud y a las continuas adaptaciones que sufre. Existe toda una amplia gama de materiales que en la actualidad se encuentran en estudio y que tienen potencialidades futuras enormes para la construcción de una casa ecológica; así como sistemas de ahorro y contribución energética. Un paradigma que podríamos utilizar en lo que acabamos de señalar sería la incorporación de la energía eólica o solar para una vivienda tipo unifamiliar.

### Facilidad de utilización de los resultados del trabajo por terceras personas

De elaboración propia son las tablas de materiales del Capítulo 2 que considero que pueden tener una aplicación práctica en un futuro, así como el cálculo de las energías renovables necesarias para que una vivienda sea sostenible y la recogida y reciclado de aguas. Es indudable que la incorporación de placas fotovoltaicas supone una mejora que reduce en gran medida la demanda energética.

También se han dado a conocer nuevos sistemas estructurales de madera. Esto es muy interesante debido a que la madera es un material biológico, reciclable y que además trabaja perfectamente a flexión, lo que hace su adecuado uso en estructuras, teniendo en cuenta que es un material que debe ser tratado para resistir a la intemperie y a los agentes externos. Se debe tener especial cuidado con los tipos de tratamientos puesto que existen algunos nocivos para la naturaleza y por lo tanto deben evitarse.

### Impacto social

La sensibilización social es un factor muy importante, ya que somos nosotros, los usuarios de las viviendas, los que tenemos que concienciarnos de realizar un correcto consumo de la energía y utilizar sistemas de ahorro como las cisternas y luminarias de bajo consumo, los electrodomésticos de categoría tipo A, etc., además el creciente interés por el cuidado del medio ambiente está haciendo que se demanden cada vez más las viviendas sostenibles. Esta demanda hace que los sistemas constructivos empleados, que requieren de personal especializado, y los materiales sostenibles, que poseen un coste más elevado que los tradicionales, sean más habituales y por lo tanto con el paso del tiempo se reduzca el precio final de la ejecución de este tipo de casas.

También se ha podido comprobar que en España existen empresas que se encargan de ejecutar forjados, tabiques, cubiertas, etc., de madera y que poseen un certificado ecológico. Esto tiene muchas ventajas puesto

que nos hace ver que la sostenibilidad está cada vez más integrada en la sociedad y que empezamos a preocuparnos por cuidar el entorno que nos rodea desde el ámbito de la edificación.

### Aportaciones y avances

El hecho de que exista la posibilidad de realizar un trabajo final de grado cuyos objetivos se fijan en la ecología y sostenibilidad en el sector de la construcción supone un avance debido a que esto significa que es un tema al que se le empieza a dar importancia y que requiere objeto de estudio.

Como aportaciones propias caben destacar los materiales sostenibles hallados. He avanzado, como se ha visto a lo largo del trabajo, en el estudio de nuevos materiales con buenas cualidades tanto aislantes como ecológicas. Un claro ejemplo es el descubrimiento del cáñamo el cual puede tener diversas aplicaciones en la construcción como en la elaboración de ladrillos (pudiendo ser estructurales o no), morteros, paneles aislantes, etc. El empleo de estos ladrillos hace que no sea imprescindible la utilización de otros sistemas de aislamiento debido a que el cáñamo le aporta las cualidades acústicas y térmicas necesarias para garantizar el confort térmico en el interior de la vivienda.

En España estamos muy atrasados en este aspecto, así como en la integración de las energías renovables en las viviendas. Para que un elemento se considere que se encuentra integrado en una edificación, debe de cumplir, además de su función de aportar energía, una función estructural o imprescindible en una vivienda, no es lo mismo colocar grandes placas solares fotovoltaicas en el tejado, aunque estas sigan la misma inclinación, que disponerlas por ejemplo en el acabado de un muro cortina, en la fachada ventilada o como es nuestro caso en las lamas de la carpintería. Esto hace que la incorporación de dichas energías no interfieran en el aspecto físico de la edificación.

Nos estamos adentrando en un escenario global en el que cada vez son más necesarias las viviendas sostenibles, sin embargo la sociedad posee una inmadurez respecto al cuidado del medio ambiente y la minimización de la huella ecológica que concluye en una práctica de un nivel poco elevado respecto a los actos que nos pueden llevar a una mejora sustancial de nuestro entorno, lo que da lugar, a una demanda mínima de materiales y sistemas constructivos sostenibles; llegados a este punto lo primordial es una mayor concienciación social de lo realmente beneficioso, tanto para los individuos como para el medio ambiente, que resultan a largo plazo la ejecución de este tipo de viviendas.

## Bibliografía

- Baño, A. y Vigil-Ecalera, A. (2005). *Guía de Construcción sostenible*.
- Periago, F., Tronero, J. y Segura, D. (2008). *Guía de materiales para una construcción sostenible*. Murcia: Colegio oficial de aparejadores y arquitectos técnicos de la región de Murcia.
- Queipo de Llano, J., González, B., Llinares, M., Villagrà, C. y Gallego, V. *Conceptos básicos de la construcción con madera. Documento de aplicación del CT. Construir con Madera (CcM)*
- Instituto Cerdà, Ministerio de Fomento e IDAE. (1999). *La guía de la edificación sostenible. Calidad energética y medioambiental en edificación*. Madrid: IDAE
- IDAE. *Instalaciones de energía solar térmica para viviendas unifamiliares*. IDAE
- Neila, J. *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*. Munilla-Iería
- Aalejos, P. (2010) *Recomendaciones para la utilización de árido reciclado en hormigón estructural*.
- Jimenez, C., Barra, M., Valls, S., Aponte, D. y Vázquez, E. (2014). *Durabilidad de hormigones con áridos reciclados diseñados con el método de volumen de mortero equivalente (EMV): Validación bajo el contexto español y adaptación a la metodología de bolomey*. Revista científica CSIC, 64.
- Fraille, E., Fernández, J., Martínez, E. y Martínez, F.J. (2013). *Selección de forjados unidireccionales con criterios técnicos, económicos y sostenibles*. Revista científica CSIC, 65.
- González, B. y Martínez, F. (2005). *Hormigones con áridos reciclados: estudio de propiedades de los áridos y de las mezclas*. Revista científica CSIC, 55.
- Orna, M., González, J., Sánchez, J.C., Fernández, L., Ade, R. y Quero, F. (2010). *Reciclado de escorias de fondo de central térmica para su uso como áridos en la elaboración de componentes prefabricados de hormigón*. Revista científica CSIC, 60.
- González, B. (2007). *La madera en la construcción de entramados inclinados de viviendas unifamiliares. Situación actual en España*. Revista científica CSIC, 59, 507, 59-68.
- Cáñamo un material reconocido para la construcción verde. Recuperado de <http://www.ecogaia.com>
- García, J. (2012). Hormigón reciclado futuro de la edificación sostenible. Recuperado de <http://eadic.com>
- Construir biohaus, los materiales. Recuperado de <http://www.biohaus.it>
- Cimientos, forjados sanitarios y cimentación (2011). Recuperado de <http://construccionrural.blogspot.com.es>
- González, C. Recuperación de los forjados de madera. Recuperado de <http://www.infomadera.net>
- Jebens, P. Recuperado de <http://www.jebens-architecture.eu/>
- Recuperado de <http://www.lacasasostenible.com/>
- Figols, M. y Dyaz de Garaio, S. (2012). Recuperado de <http://www.slowcicle.com/>
- Recuperado de <http://es.fsc.org/>
- Recuperado de <http://www.construmatica.com/>
- Recuperado de <http://www.eoi.es/>
- Recuperado de <http://www.pefc.es/>

Recuperado de <http://www.ecologiaverde.com/>

Recuperado de <http://www.soloarquitectura.com/>

Recuperado de <http://www.caviti.es/>

Recuperado de <http://www.daliforma.com/>

Recuperado de <http://www.edingaps.com/>

Recuperado de <http://www.promateriales.com/>

Recuperado de <http://www.cleanergysolar.com/>

## Glosario de términos

- 1: se entiende por arquitectura sostenible aquella que puede mantenerse por sí misma.
- 2: vivienda que trata de aprovechar las condiciones medioambientales a favor de los usuarios.
- 3: hay confort térmico cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimientos del aire son adecuados a la actividad desarrollada. Cuando las personas no tienen sensación de frío ni de calor.
- 4: es una mezcla de compuestos naturales y orgánicos que se encuentran presentes en las flores de las plantas del género Chrysanthemum.
- 5: sustancia química sintética perteneciente a la familia de los piretroides.
- 6: capacidad que posee un material al deformarse y volver a su forma inicial (elástico) o deformarse de manera permanente (plástico).
- 7: capacidad que tienen algunos materiales para absorber o expulsar la humedad atmosférica según el medio en el que se encuentren.
- 8: árido cerámico que posee una elevada ligereza, con diversas aplicaciones en el sector de la construcción, como por ejemplo, relleno de pendientes, recrecido soleras, aislante térmico, etc.
- 9: vidrio volcánico amorfo con un contenido de agua relativamente alto. Es un mineral que se encuentra presente en la naturaleza y cuya propiedad es expandirse cuando aumenta su temperatura lo suficiente.
- 10: sustancia plástica sintética de gran dureza.
- 11: compuesto químico orgánico. Muchos de estos derivados son perjudiciales para el medio ambiente y los seres vivos, llegando a ser cancerígenos. Se suelen utilizar como insecticida o pesticida.
- 12: se entiende por pellets a unos pequeños cilindros que se producen por la compactación del serrín procedente de las maderas de los árboles.

## Anexo I

## Normativa

EHE-08 Anejo 13. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad.

EHE-08 Anejo 15. Recomendaciones para la utilización de hormigones reciclados.

Real Decreto 1729/1999, de 12 de noviembre

DB SE Documento Básico de Seguridad Estructural. Bases de cálculo

DB SE-AE Documento Básico de Seguridad Estructural. Acciones en la edificación

DB SE-M Documento Básico de Seguridad Estructural. Madera

DB SI 2 Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio. Propagación exterior

DB SI 6 Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio. Resistencia al fuego de la estructura

DB SI Anexo E Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio. Resistencia al fuego de las estructuras de madera

DB SUA Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad

DB HS Documento Básico de Salubridad

DB HE Documento Básico de Ahorro de Energía

DB HR Documento Básico protección frente al ruido

UNE 15.301:2003

UNE 48-300-94

UNE-EN ISO 14001

UNE 162002

UNE-EN 350-2:1995

ISO 26000

Eurocódigo 1: Bases de proyectos y acciones en estructuras

Eurocódigo 5: Proyectos de estructuras de madera. En su parte UNE EN 1995-1-1 Reglas generales y reglas para edificación. UNE EN 1995-1-2 Estructuras sometidas al fuego

# Anexo II

## Mapas climáticos y tablas normativa

### 1. Mapas climáticos de España



Imagen 28. Precipitación media anual en España

Fuente: Blog Ciencia fácil (21/01/2013). España y el agua.

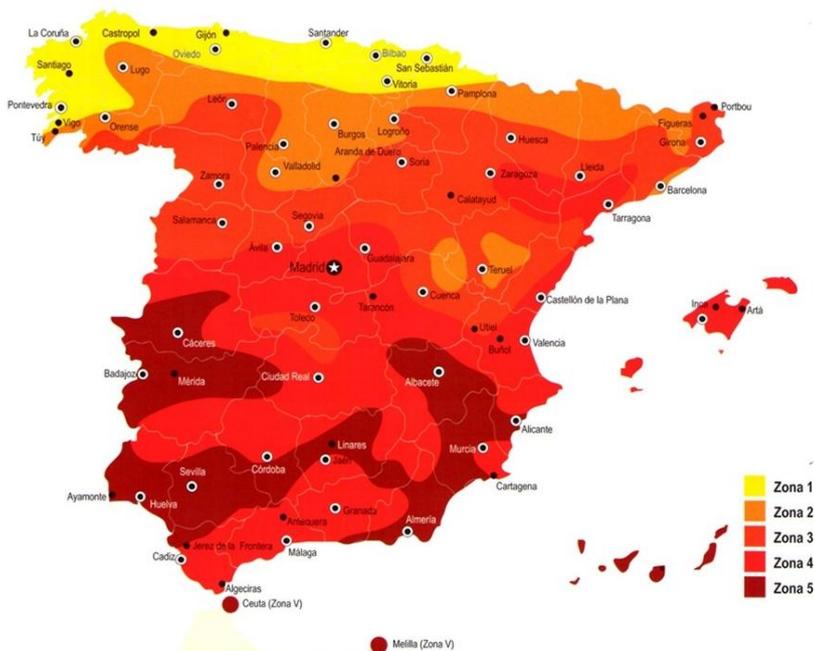


Imagen 29. Mapa zonas climáticas de España y radiación solar

Fuente: <http://www.cleanergysolar.com/>

RADIACION SOLAR GLOBAL			
ZONA	MJ/m <sup>2</sup> ·día	kWh/m <sup>2</sup> ·día	kWh/m <sup>2</sup> ·año
I	H < 13,7	H < 3,8	H < 1.389
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2	1.389 ≤ H < 1.531
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6	1.531 ≤ H < 1.683
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0	1.683 ≤ H < 1.825
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0	H ≥ 1825

## 2. Tablas normativa

Tabla 18.

**Clasificación de reacción al fuego de los materiales según las normas: NBECPI/96 y UNE 23.727:1990 1R**

REACCIÓN AL FUEGO DE LOS MATERIALES			
CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS		
	COMBUSTIBLE	INFLAMABILIDAD	
M0	NO	NO	
M1	SI	NO	
M2	SI	SI	Moderada
M3	SI	SI	Media
M4	SI	SI	Alta

**Nota.** Fuente: Plan de formación del CTE - CSCAE, CTE Parte II DB SI

Estas clases, denominadas M0, M1, M2, M3 y M4, indican la magnitud relativa con la que los correspondientes materiales pueden favorecer el desarrollo de un incendio.

M 0: material no combustible ante la acción térmica normalizada del ensayo (vidrio, materiales pétreos y cerámicos, metales, yesos, lana de roca, etc.)

M 1: material combustible pero no inflamable, lo que implica que su combustión no se mantiene cuando desaparece la aportación de calor desde un foco exterior. (PVC, lana de vidrio, DM, fórmica, barnices ignífugos, etc.)

M 2: material con grado de inflamabilidad baja (madera)

M 3: material con grado de inflamabilidad media (madera)

M 4: material con grado de inflamabilidad alta

Tabla 19.

### Pérdidas límite

Fuente: CTE, DB HE-4

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

**Nota.** Fuente: CTE, DB HE-4

Tabla 20.

### Número de personas por vivienda

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

**Nota.** Fuente: CTE, DB HE-4

## Fichas técnicas y catálogos de los materiales empleados

### 1. Recogida aguas pluviales



### Sistema modular Carat S

Depósitos soterrados a partir de 2.700 l



---

**Los depósitos Carat S resisten el paso de coches**

**Carat S**

2.700 litros  
Código 370001

3.750 litros  
Código 370002

4.800 litros  
Código 370003

6.500 litros  
Código 370004



15 años garantía

TUBOS

DIN

Download

Puede descargar documentación extra del producto en nuestro web.  
[www.grafberica.com](http://www.grafberica.com)

Recogedor de agua de lluvia - Sistema modular

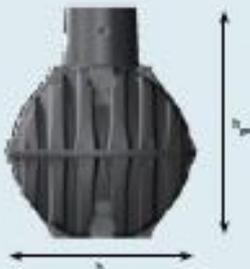
Carat S 4.800 l con cubierta telescópica disponible. (accesorio pag. 25)

Datos técnicos							
Capacidad [l]	Ancho b [mm]	Longitud l [mm]	Altura (sin cúpula) h [mm]	Altura (con cúpula) h <sub>tot</sub> [mm]	Altura Mínima con cubierta Mini [mm]	Altura Máxima con cubierta Mini [mm]	Peso [kg]
2.700	3565	2080	1400	2010	2150	2350	120
3.750	3755	2280	1500	2200	2340	2540	150
4.800	3985	2280	1820	2430	2570	2770	185
6.500	2190	2390	2100	2710	2850	3050	220

Datos técnicos	
Altura máxima de recubrimiento (sin aguas freáticas ni tránsito de vehículos)	1200 mm
Carga máxima soportada	8t
Peso máximo soportado*	2,2t con cubierta de riemto clase B
Cuadrado requerido para tránsito de vehículos	800-1200 mm
Nivel máximo aguas freáticas	2.700 l, 3.750 l hasta la base de la cúpula; 4.800 l, 6.500 l, hasta la mitad
Cuadrado requerido para aguas freáticas	800-1000 mm
Conexiones	5x DN 100

\* con cubierta para tránsito de vehículos




## 2. Ladrillos de cáñamo y morteros de cal

### ENSAYOS con CANNABRIC

ASPECTO Y CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y FÍSICAS	RESULTADOS:
Aspecto (UNE 127.030/ 99):	"La coloración de los bloques es homogénea, con una textura superficial rugosa y uniforme suficiente para facilitar la adherencia de un posible revestimiento, no observándose coqueas, desconchados ni desportillamientos. Tampoco se observan fisuras en sus caras exteriores".
Dimensión y espesor de paredes (cm) (UNE-EN 772-16/ 2001):	30/ 14,5/ 10,5 (bloque macizo, sin huecos)
Planeidad de las caras (desviación máxima) (UNE-EN 772-20/ 2001):	Sobre una dimensión de 332 mm: 2,0 mm
Ortogonalidad de los ángulos (máximo valor de la tangente de las desviaciones de los ángulos sobre 90°) (UNE 127.030/ 99):	0,01
Densidad aparente aproximada/ 28 días (determinada en fábrica):	1,3 kg/ dm3
Densidad absoluta seca (valor medio según UNE-EN 772-13/ 2001):	1171 kg/ m3
Masa absoluta seca (valor medio):	5,35 kg
Resistencia a la compresión característica (28 días), referida a la sección bruta (UNE-EN 771-1/ 2001):	13,00 kg/ cm2 (1,3 N/mm2)
Resistencia a la compresión media (28 días), referida a la sección bruta:	14,00 kg/ cm2 (1,4 N/ mm2)
Resistencia a la compresión mínima (90 días) referida a la sección bruta (UNE-EN 771-1/ 2001):	15,00 kg/ cm2 (1,5 N/ mm2)
Resistencia a la flexión (28 días) (UNE 83.305-96):	6,10 kg/ cm2
Resistencia al ataque de mohos y olores:	sin alteración
Coefficiente de Conductividad térmica (UNE 92.202-89):	0,16 kcal/ h·m·°C (0,19 W/ m·K)
Transmisión térmica según espesor:	Muro de carga revestida en dos caras con mortero de cal: 0,47 kcal/ h·°C·m2 (0,56 W/ m2·K) Muro de división interior revestida en dos caras con mortero de cal: 0,83 kcal/ h·°C·m2 (0,99 W/ m2·K)
Calor específico:	1,103 J/ g·K
Capacidad calorífica (inercia térmica):	1291 kJ/ m3·K
Absorción de agua (valor medio) (UNE-EN 772-11/ 2001):	31,5 %
Succión de agua (UNE 41.171/89):	0,41g/ cm2 x 5 min
Aislamiento acústico al ruido aéreo (muro de carga revestido de dos lados):	54 dBA *
Aislamiento acústico al ruido (muro de separación interior revestido de dos lados):	45 dBA *

\* Valor de cálculo según NBE-CA-88

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE CANNABRIC	muro en función de división interior		de separación con espacio exterior
espesor (cm) CANNABRIC sin revestimiento	10,5	14,5	30
transmisión térmica $U$ kcal/ h <sup>o</sup> C-m <sup>2</sup> (W/ m <sup>2</sup> -K)	1,09 (1,29)	0,86 (1,02)	0,48 (0,57)
resistencia térmica $R$ h <sup>o</sup> C-m <sup>2</sup> / kcal (m <sup>2</sup> -K/ W)	0,92 (0,78)	1,16 (0,98)	2,08 (1,75)
espesor (cm) CANNABRIC con revestimiento de mortero de cal en las dos caras	13	17	33
transmisión térmica $U$ kcal/ h <sup>o</sup> C-m <sup>2</sup> (W/ m <sup>2</sup> -K)	1,05 (1,25)	0,83 (0,99)	0,47 (0,56)
resistencia térmica $R$ h <sup>o</sup> C-m <sup>2</sup> / kcal (m <sup>2</sup> -K/ W)	0,95 (0,80)	1,20 (1,01)	2,13 (1,79)
UNE 92.202-89 coeficiente de conductividad térmica: kcal/ h-m <sup>o</sup> C (W/ m-K)	0,16 (0,19)		
Capacidad calorífica (inercia térmica): kJ/ m <sup>3</sup> -K	1291		

### 3. Forjado sanitario



#### Datos técnicos, piezas C-5 a C-35.

Características	C-5	C-10	C-15	C-20	C-25	C-30	C-35
Material	polipropileno						
Dimensiones (mm)	580x400	780x580	750x500	750x500	750x500	750x500	750x500
Altura total (mm)	50	100	150	200	250	300	350
Altura interior (mm)	20	73	95	145	190	240	290
Superficie de apoyo (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	792	792	1233	1120	1014	913	817
Consumo Hormigón (l/m <sup>2</sup> )	4,5	10,5	30	35	40	43	49
Piezas/m <sup>2</sup>	4,3	2,2	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66
Pilares/m <sup>2</sup>	25,9	26,5	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67
Peso propio (sin c.c.) (kg/m <sup>2</sup> )	14	24	66	77	88	95	107
Tipo de hormigón en c.c.	HA-250						
Tipo de hormigón en solera	HM-200						
Embalaje (pzas/palet)	500	140	100	100	100	100	100
m <sup>2</sup> /palet	116,3	63,6	37,6	37,6	37,6	37,6	37,6
m <sup>2</sup> /trailer	2320	2090	1462	1462	1462	1462	1462

#### Datos técnicos, piezas C-40 a C-70.

Características	C-40	C-45	C-50	C-55	C-60	C-65	C-70
Material	polipropileno						
Dimensiones (mm)	750x500	750x580	750x580	750x580	750x500	750x500	750x580
Altura total (mm)	400	450	500	550	600	650	700
Altura interior (mm)	345	400	450	500	550	600	650
Superficie de apoyo (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	726	817	726	640	817	726	640
Consumo Hormigón (l/m <sup>2</sup> )	53	68	73	78	93	97	102
Piezas/m <sup>2</sup>	2,66	2,3	2,3	2,3	2,66	2,66	2,3
Pilares/m <sup>2</sup>	2,67	2,30	2,30	2,30	2,67	2,67	2,30
Peso propio (sin c.c.) (kg/m <sup>2</sup> )	117	150	160	172	236	246	260
Tipo de hormigón en c.c.	HA-250						
Tipo de hormigón en solera	HM-200						
Embalaje (pzas/palet)	100	90	90	90	90	90	90
m <sup>2</sup> /palet	37,6	39,1	39,1	39,1	30,1	30,1	34,8
m <sup>2</sup> /trailer	1462	1174,5	1174,5	1174,5	1080	1080	1080

## 4. Placas fotovoltaicas



### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Comportamiento en STC: Irradiancia 1.000 W/m<sup>2</sup>, temperatura de célula 25 °C, AM 1,5

	ISF - 245	ISF - 250	ISF - 255
Potencia nominal (Pmax)	245 W	250 W	255 W
Tensión en circuito abierto (Voc)	37,6 V	37,8 V	37,9 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	8,63 A	8,75 A	8,86 A
Tensión en el punto de máxima potencia (Vmax)	30,5 V	30,6 V	30,9 V
Corriente en el punto de máxima potencia (Imax)	8,04 A	8,17 A	8,27 A
Eficiencia	14,8 %	15,1 %	15,4 %
Tolerancia de potencia (% Pmax)	0/+3 %	0/+3 %	0/+3 %

Comportamiento a Irradiancia 800 W/m<sup>2</sup>, TONC, temperatura ambiente 20 °C, AM 1,5; velocidad del viento 1 m/s

	ISF - 245	ISF - 250	ISF - 255
Potencia máxima (Pmax)	178 W	181 W	185 W
Tensión en circuito abierto (Voc)	34,8 V	35,0 V	35,1 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	6,96 A	7,06 A	7,15 A
Tensión en el punto de máxima potencia (Vmax)	27,4 V	27,5 V	27,7 V
Corriente en el punto de máxima potencia (Imax)	6,49 A	6,59 A	6,67 A

Reducción de Eficiencia desde 1.000 W/m<sup>2</sup> a 200 W/m<sup>2</sup> según IEC 60904-1 5% (+/-3%)

### CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

Tensión máxima del sistema	1000 V
Límite de corriente inversa	20 A
Temperatura nominal de operación de la célula (TONC)	45 +/- 2° C
Temperatura de operación	-40 to + 85° C
Coefficiente de temperatura de Pmax	-0,44%/K
Coefficiente de temperatura de Voc	-0,334%/K
Coefficiente de temperatura de Isc	0,048%/K

### Certificados de producto

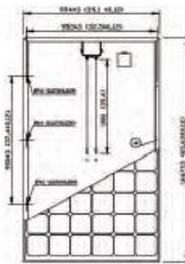


## MÓDULO MONOCRISTALINO ISF-255

### CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Célula solar	Silicio Monocristalino - 156 mm x 156 mm (6 pulgadas)
Número de células	60 células (6x10)
Dimensiones	1667 x 994 x 45 mm
Peso	19 Kg
Vidrio	Alta transmisividad, texturado y templado de 3,2 mm (EN-12150)
Marco	Aluminio anodizado, toma de tierra
Máxima carga admisible	5400 Pa (carga de nieve)
Caja de conexión	IP 65 con 3 diodos de bypass
Cables y Conector	Cable solar de 1 m y sección 4 mm <sup>2</sup> . Conector MC4 o LC4

### DIMENSIONES



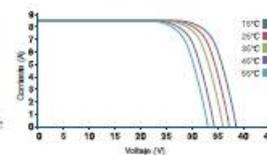
### EMBALAJE

Módulos por palet  
24

Tamaño del embalaje (palet + caja)

1720 x 1140 x 1155mm

Materiales Reciclables



DATOS DE CONTACTO

FABRICA  
Parque Tecnológico de Andalucía (PTA)  
C/ Severo Ochoa, 50  
29090 Málaga - España  
Tel: +34 951 233 500  
isofoton.m@isofoton.com

OFICINA COMERCIAL  
Torre de Cristal  
Paseo de la Castellana, 259C (Planta 17)  
28046 Madrid - España  
Tel: +34 914 147 800  
isofoton@isofoton.com

# Anexo IV

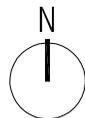
## Planos vivienda



S. CONSTRUIDA P. BAJA: 130.25 M2

S. CONSTRUIDA PORCHE: 19.38/2 = 9.69 M2

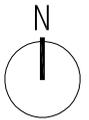
S. CONSTRUIDA TOTAL VIVIENDA: 262.88 M2

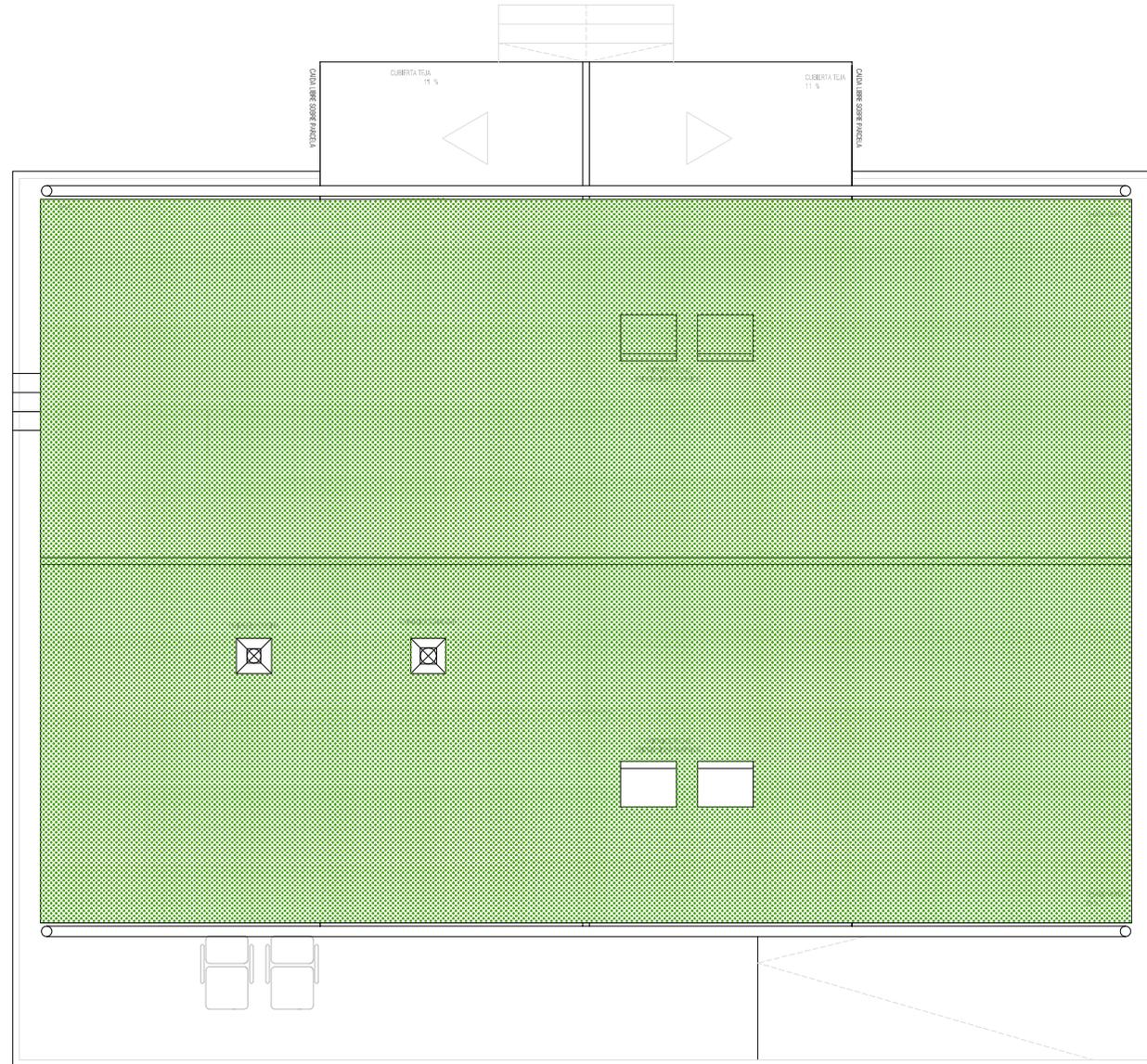
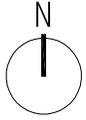


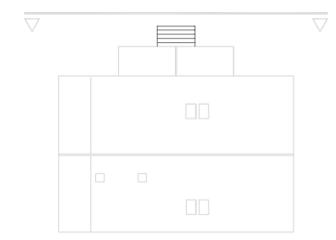
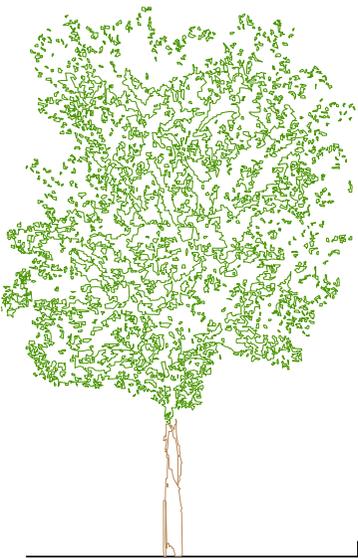
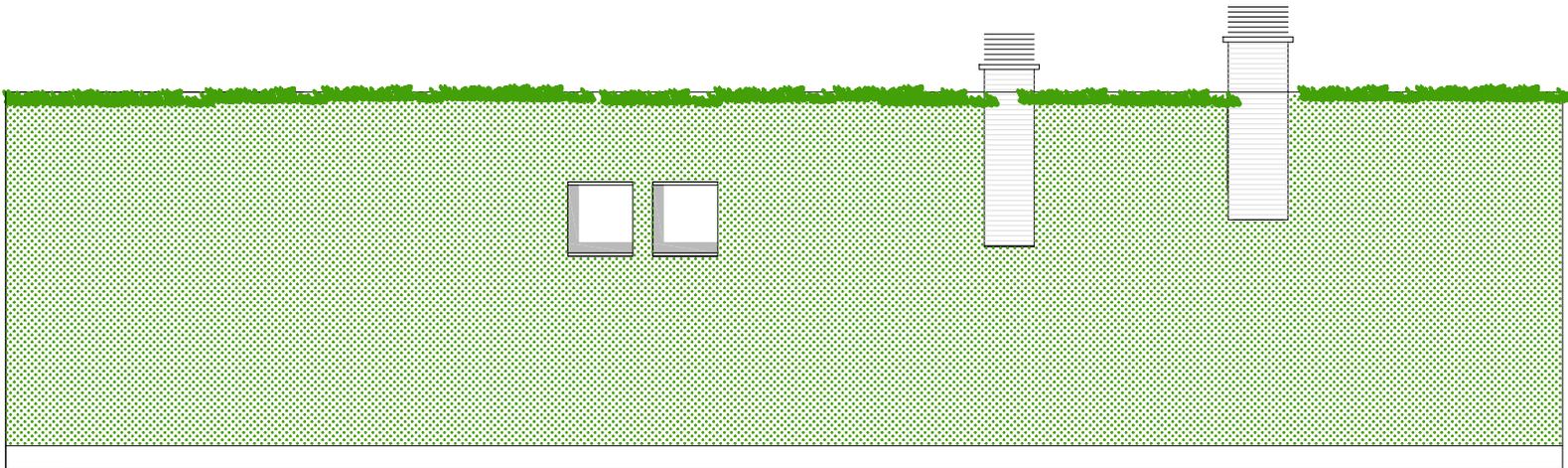
S. CONSTRUIDA P. PRIMERA: 114,34 M2

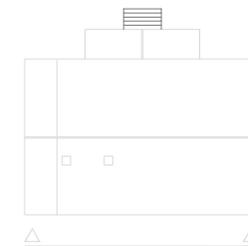
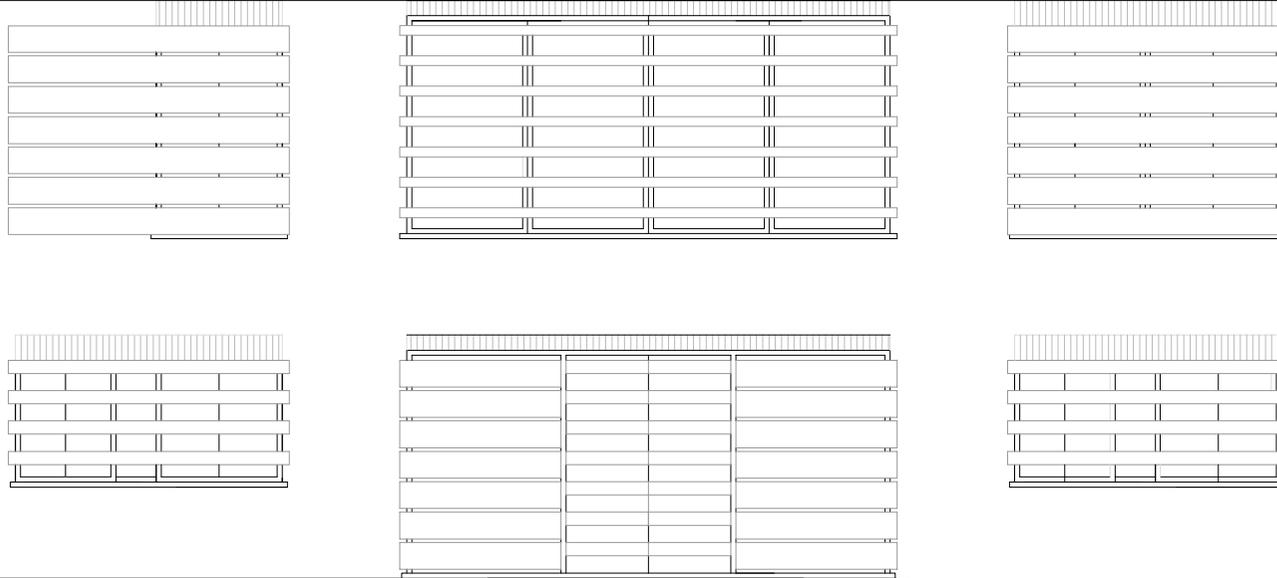
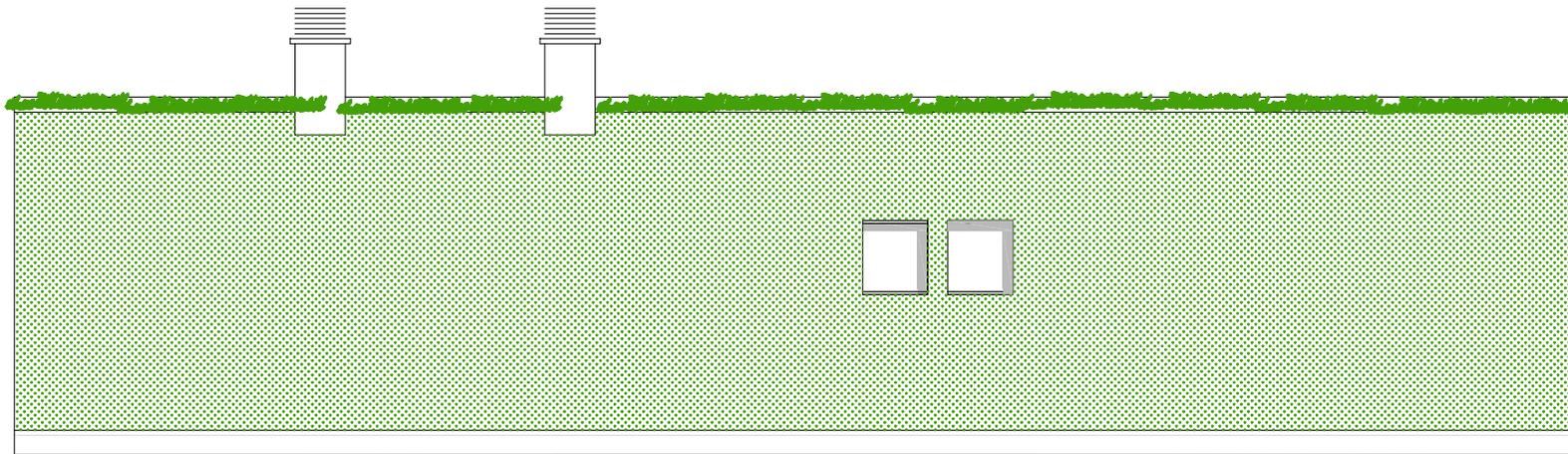
S. CT. TERRAZA CUBIERTA E: 17,19 M2

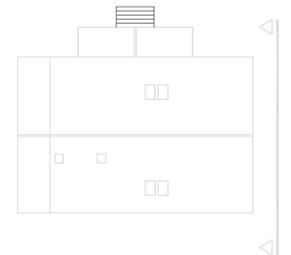
S. CONSTRUIDA TOTAL VIVIENDA: 262,88 M2

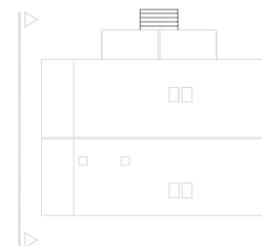


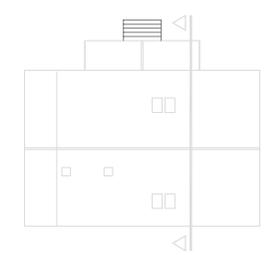
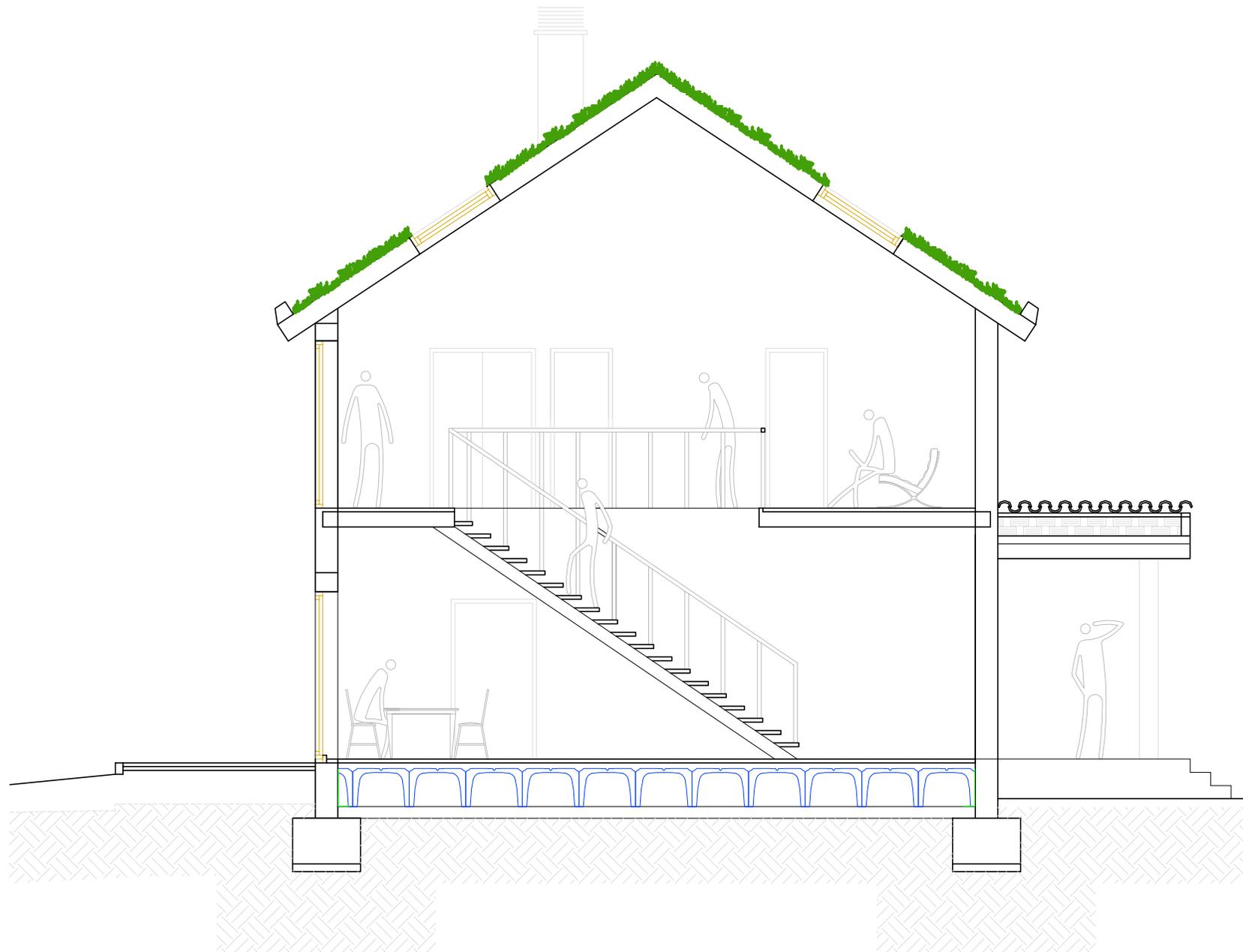


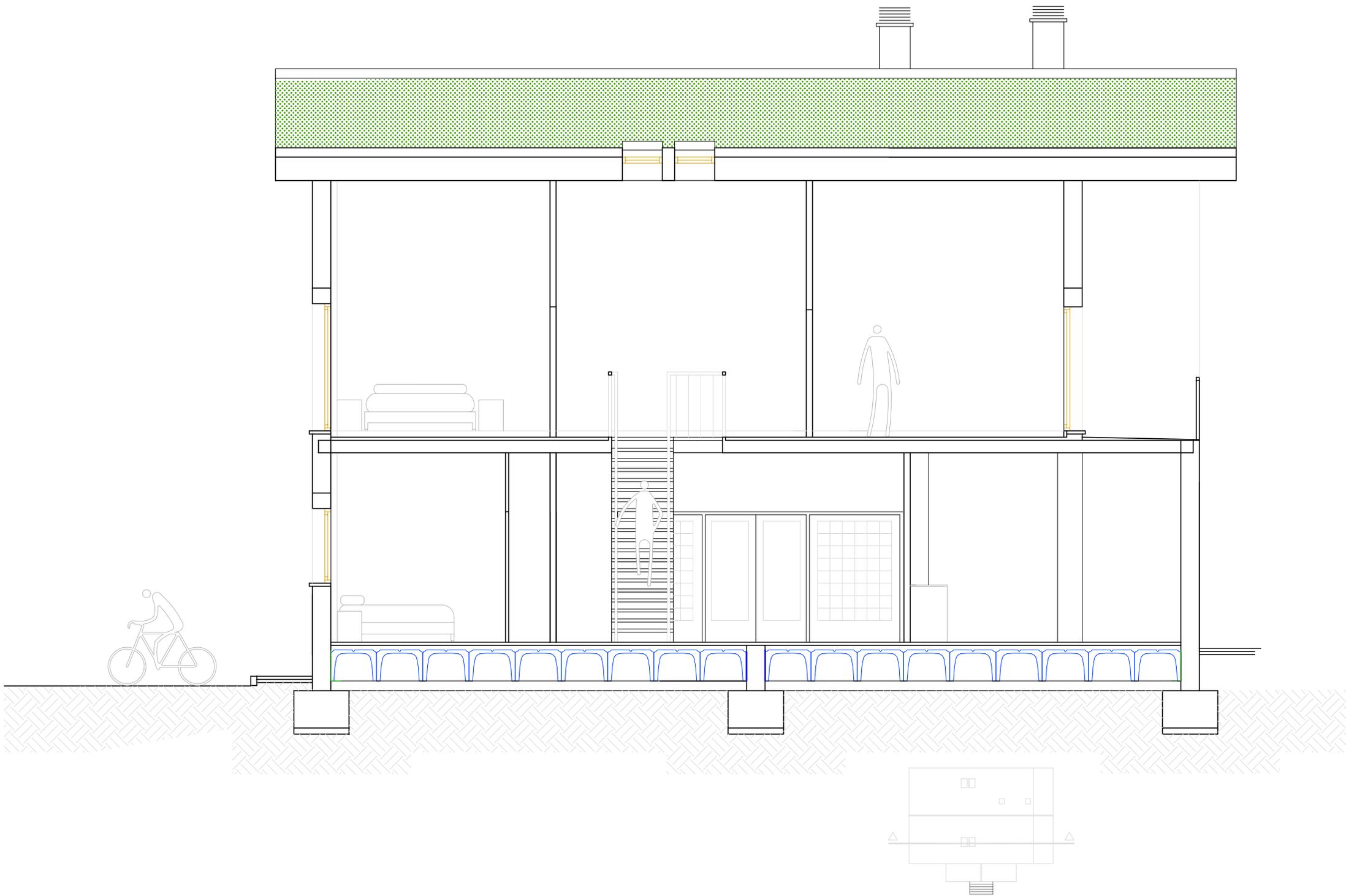




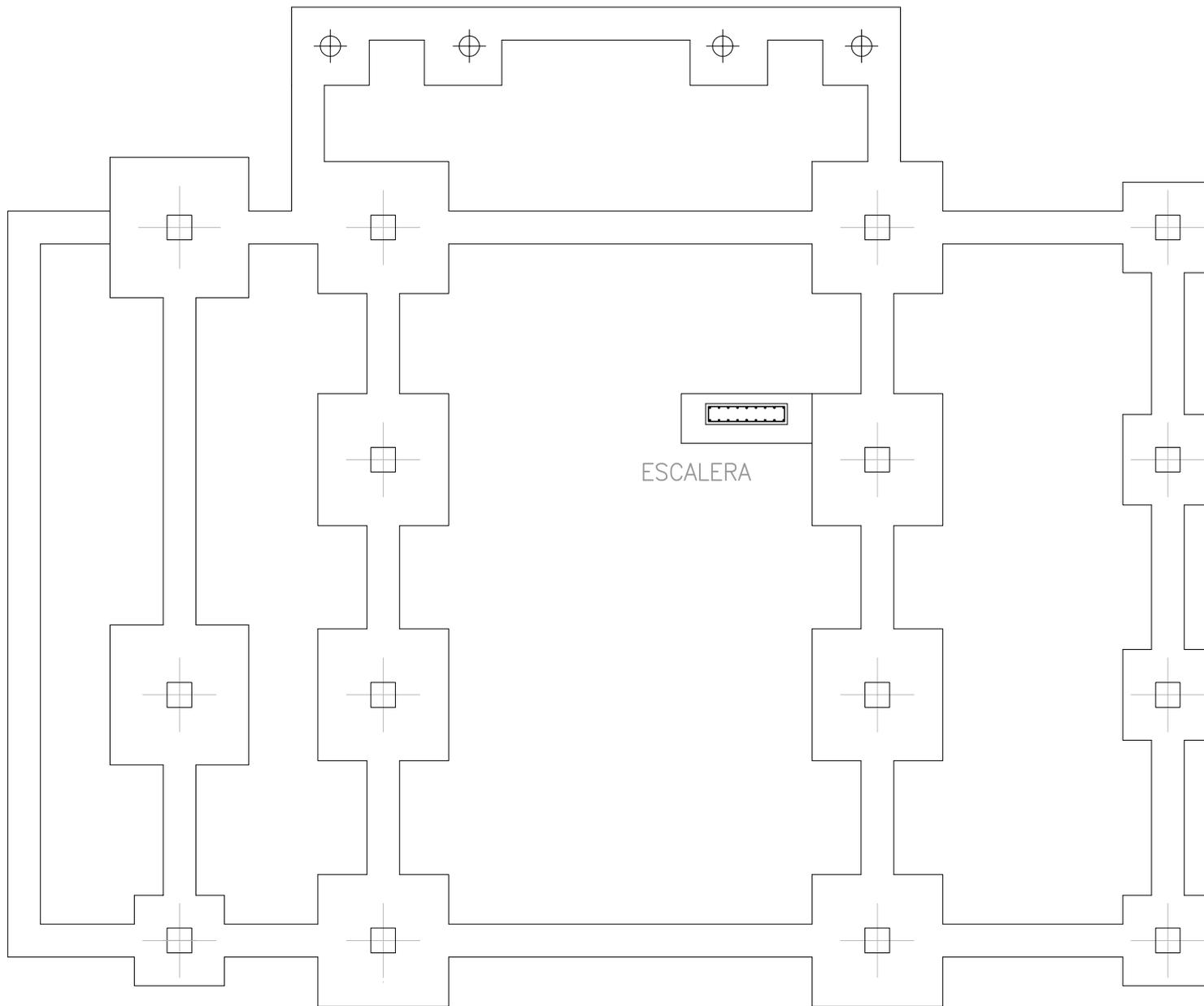


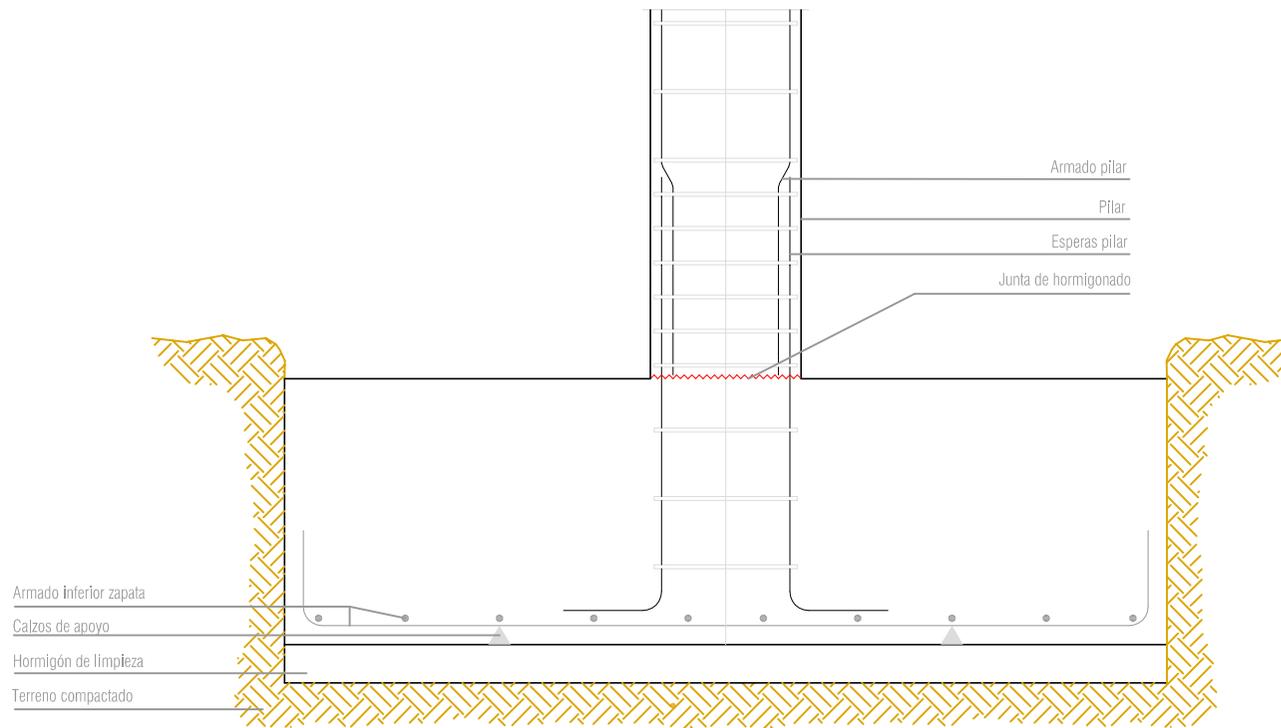


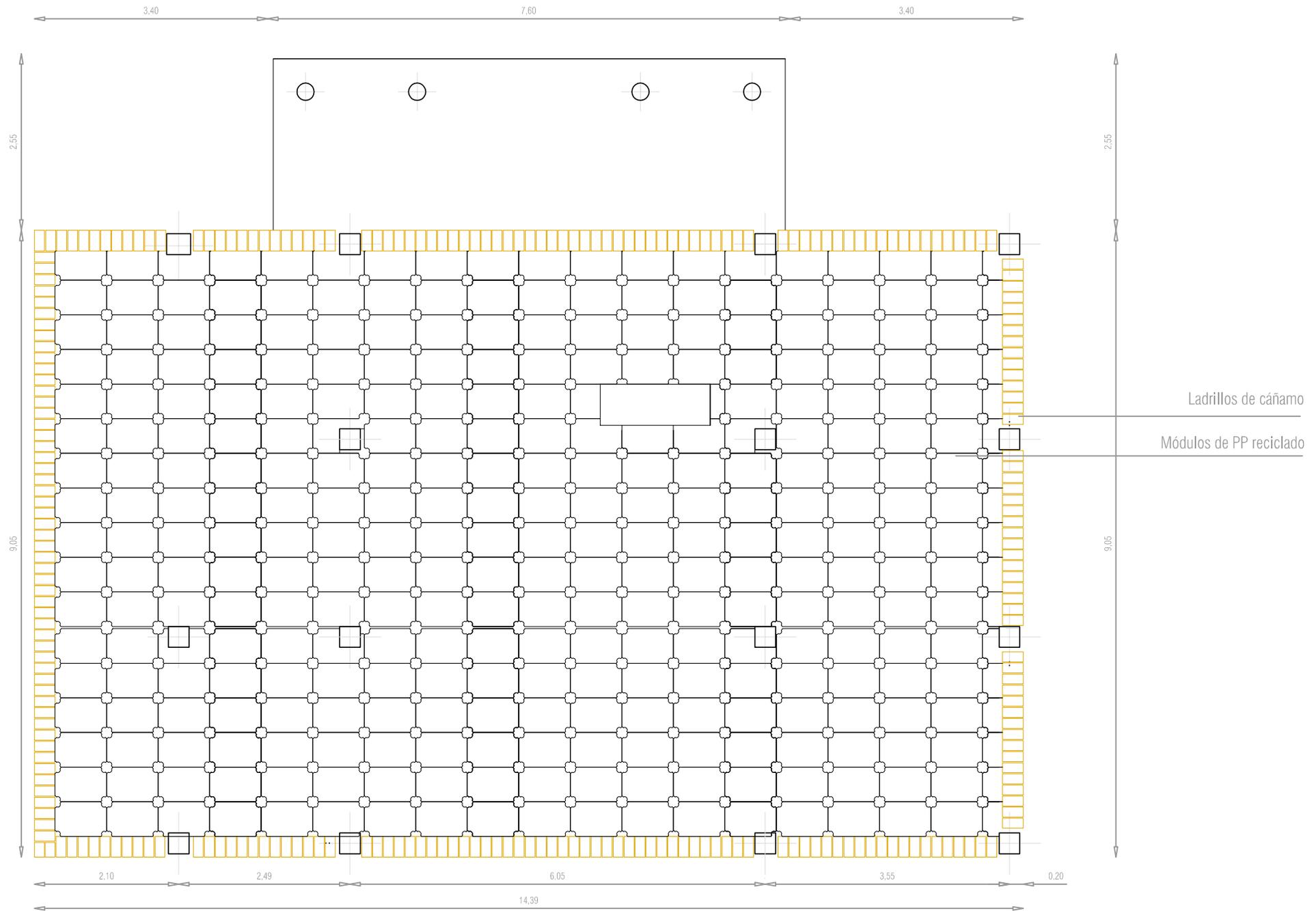
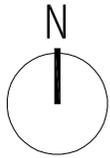


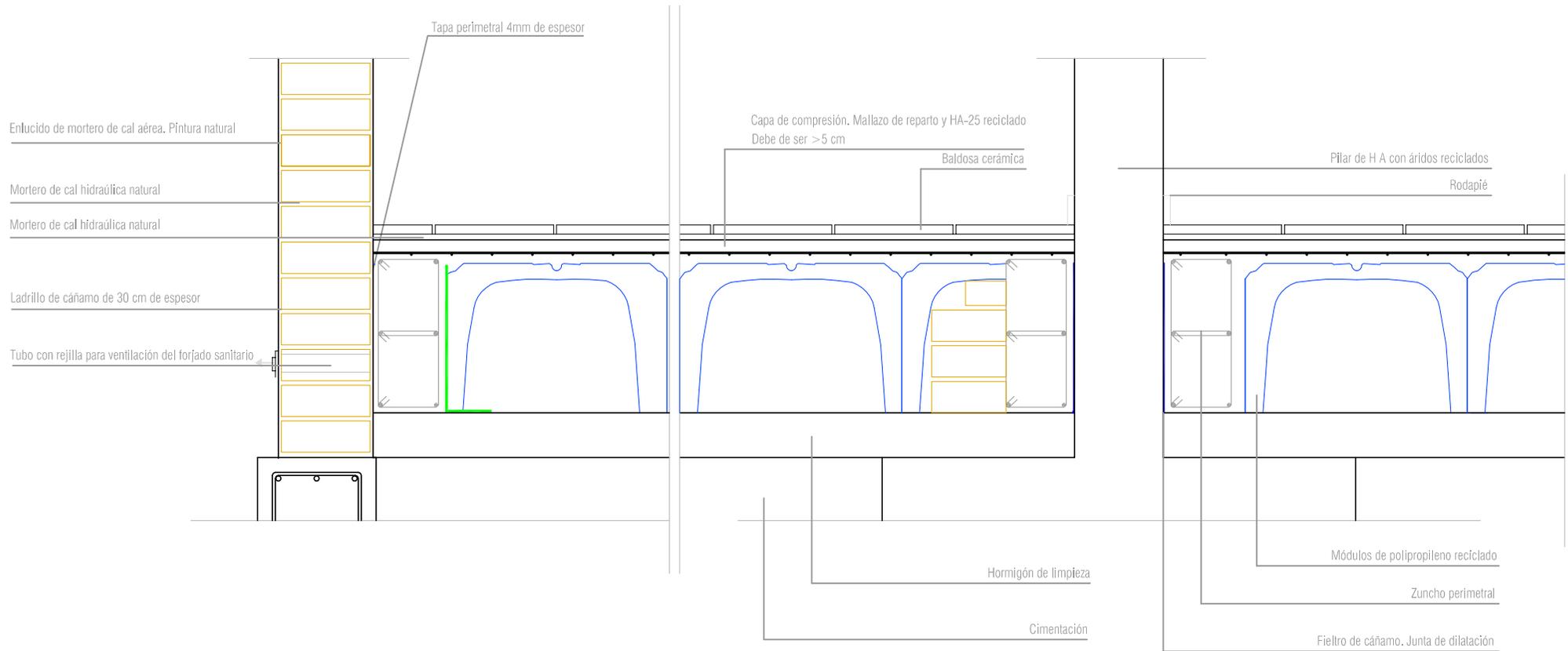




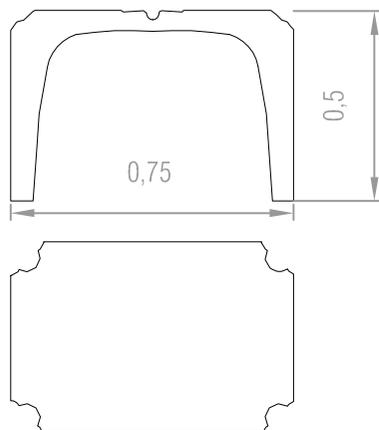






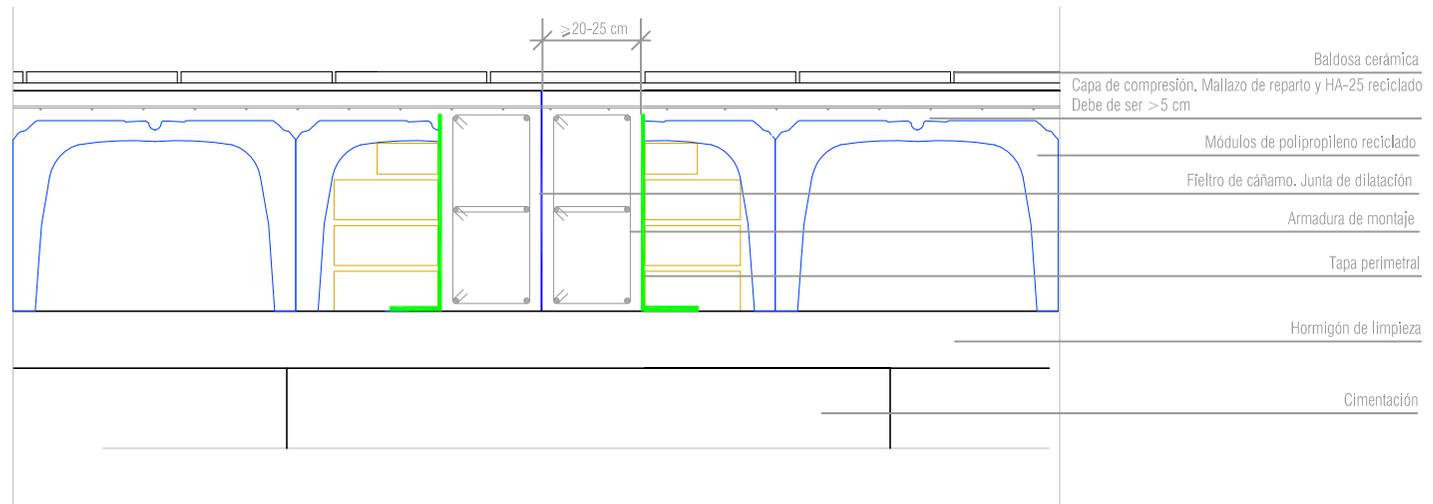


## MÓDULO DE PP RECICLADO EMPLEADO

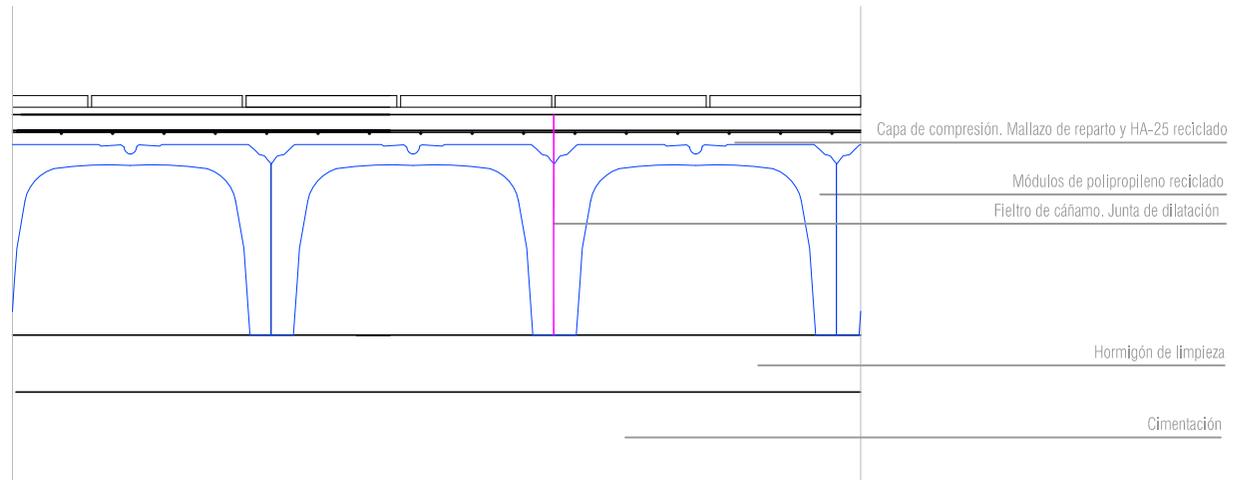


## DATOS A TENER EN CUENTA:

Se dispondrá una capa de hormigón de limpieza para que los módulos no estén en contacto con el terreno, sin embargo si el suelo posee una buena resistencia mecánica y planeidad se puede prescindir de esta capa.  
 El hormigón empleado para la ejecución de la capa de compresión deberá tener una resistencia como mínimo de 20N/mm<sup>2</sup> si se trata de hormigón en masa y 25N/mm<sup>2</sup> si es hormigón armado.  
 Es recomendable ejecutar zunchos perimetrales y acabar siempre que se pueda con piezas enteras, en el caso de que se corten se deberán rellenar con ladrillos de obra.

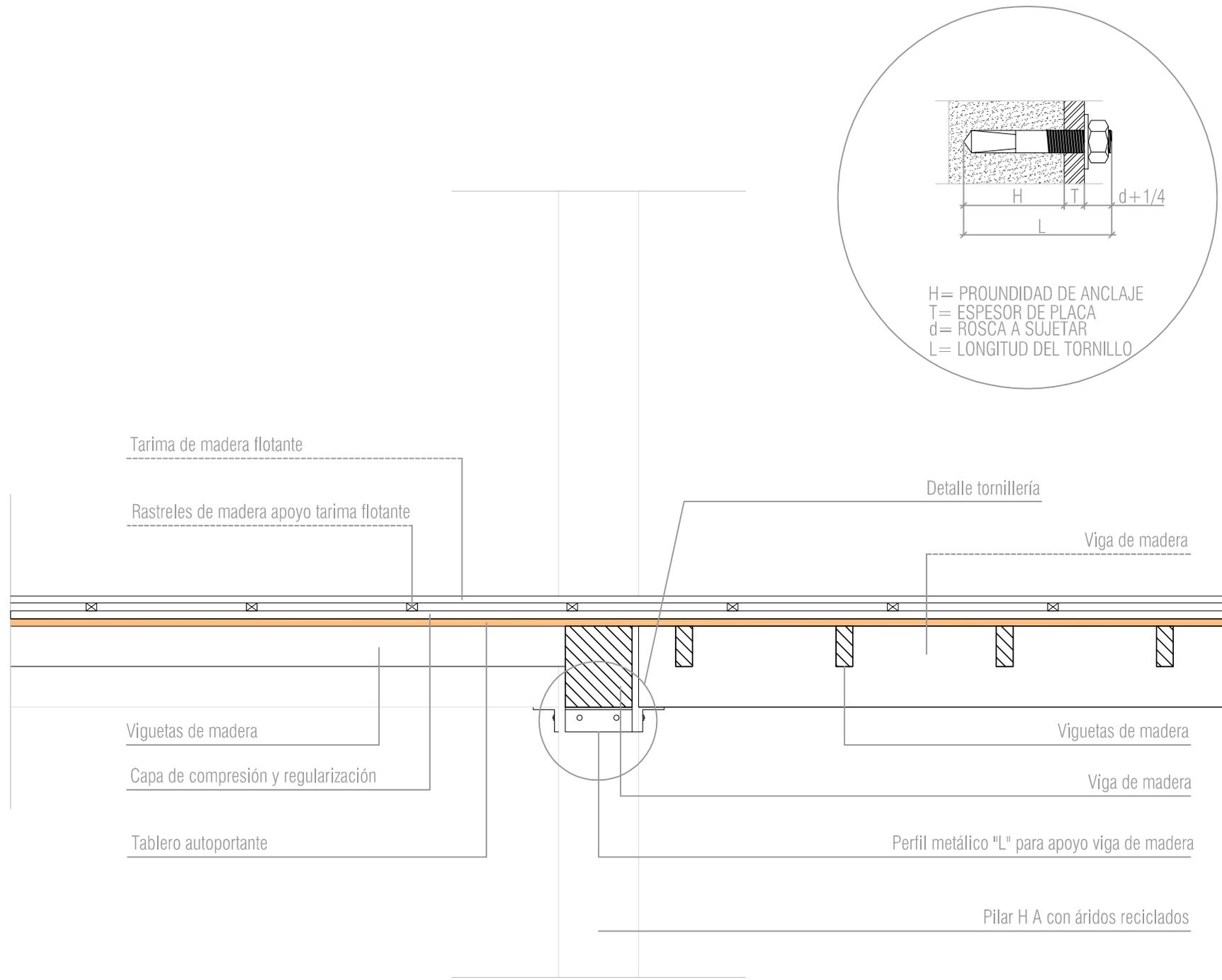


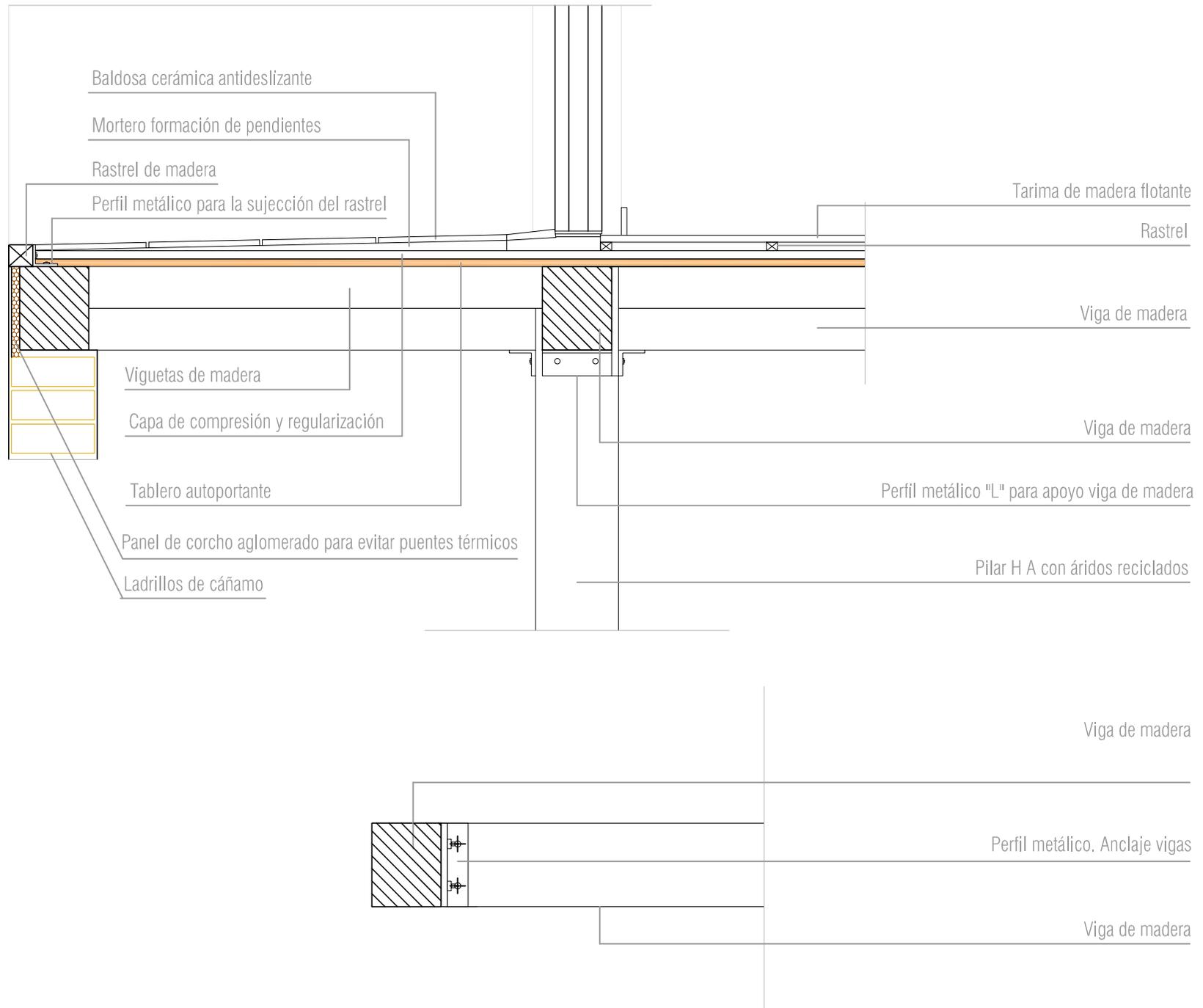
CASO 1: JUNTA DE DILATACIÓN EN MÓDULO PARTIDO



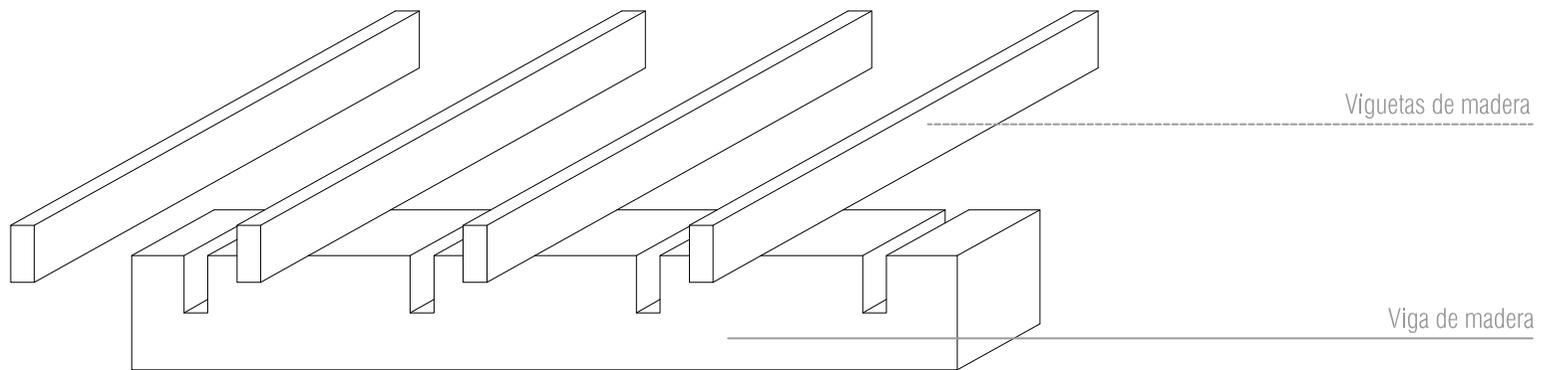
CASO 2: JUNTA DE DILATACIÓN EN MÓDULO ENTERO

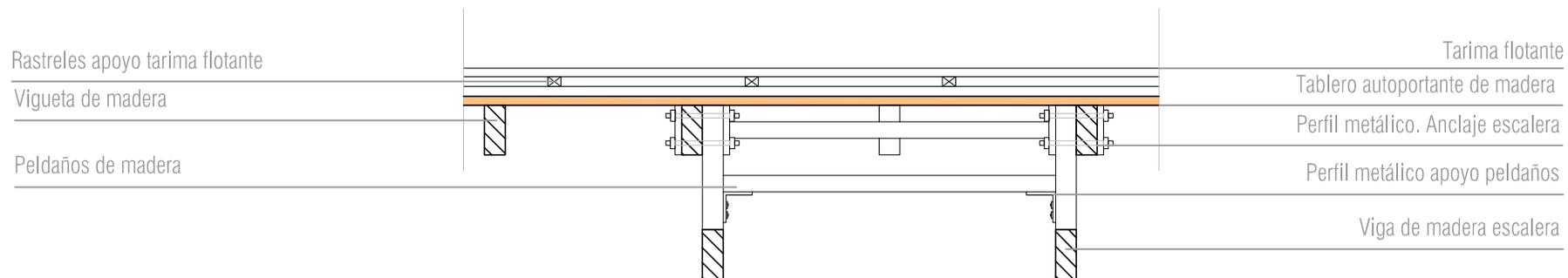




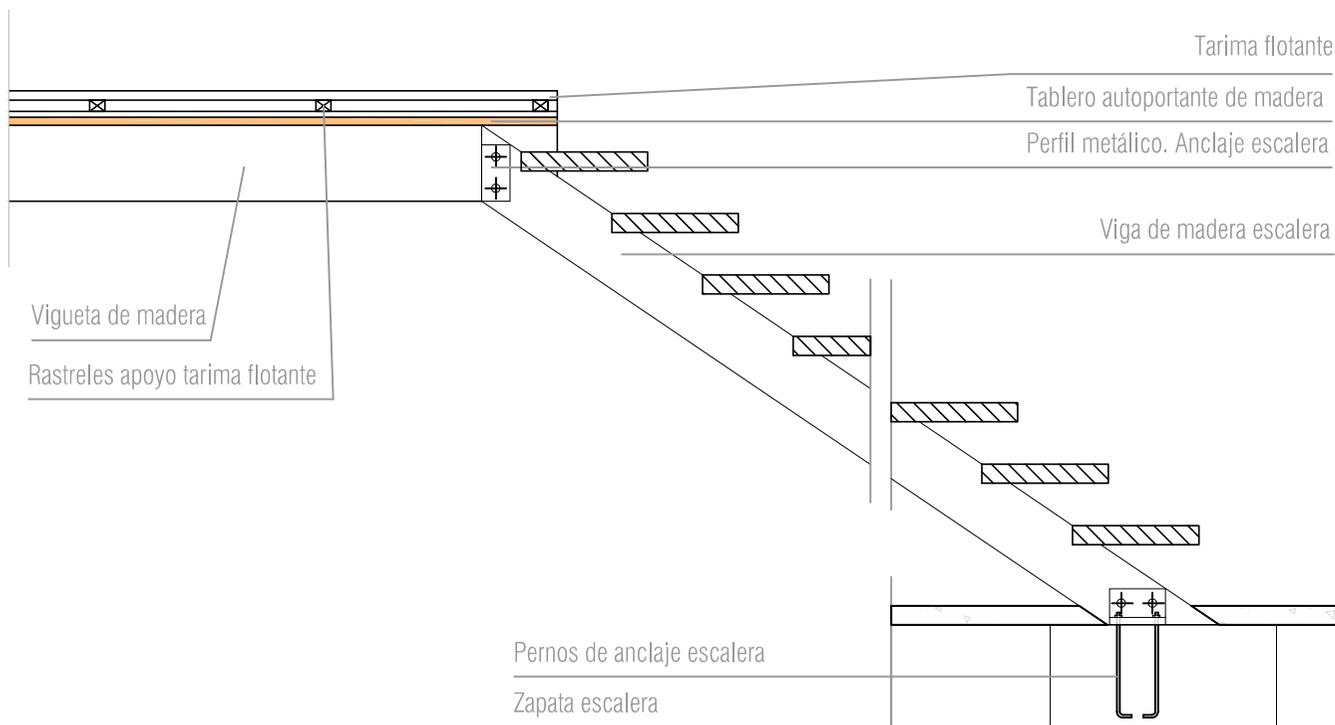




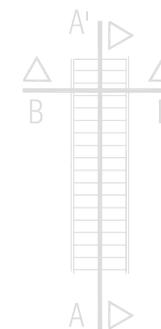


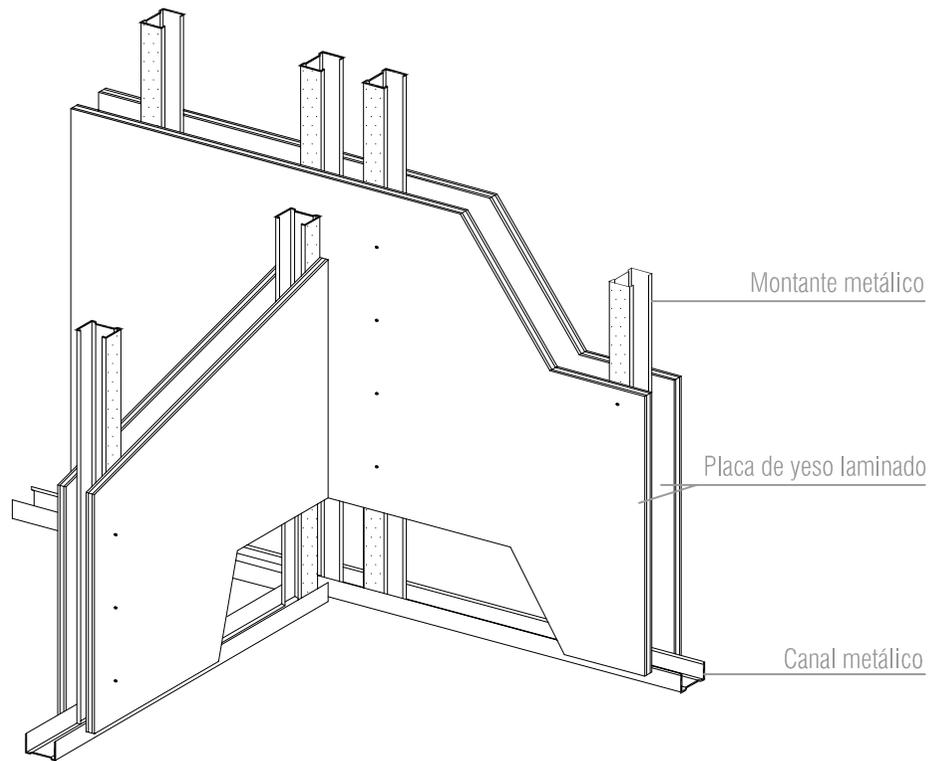


### Sección B-B'



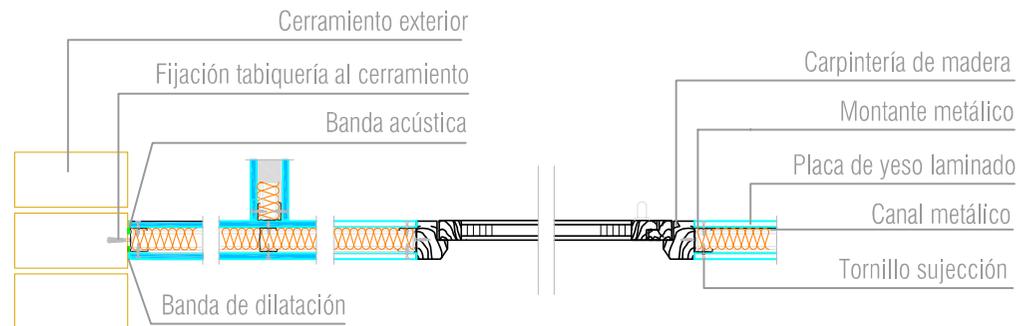
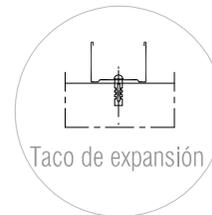
### Sección A-A'



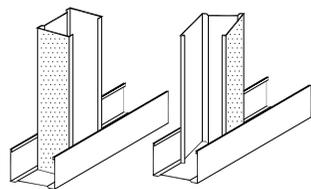


ESQUEMA GENERAL

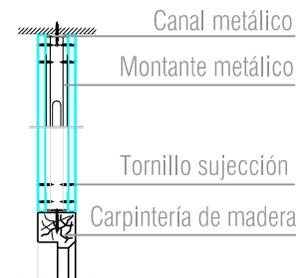
FIJACIÓN DEL CANAL



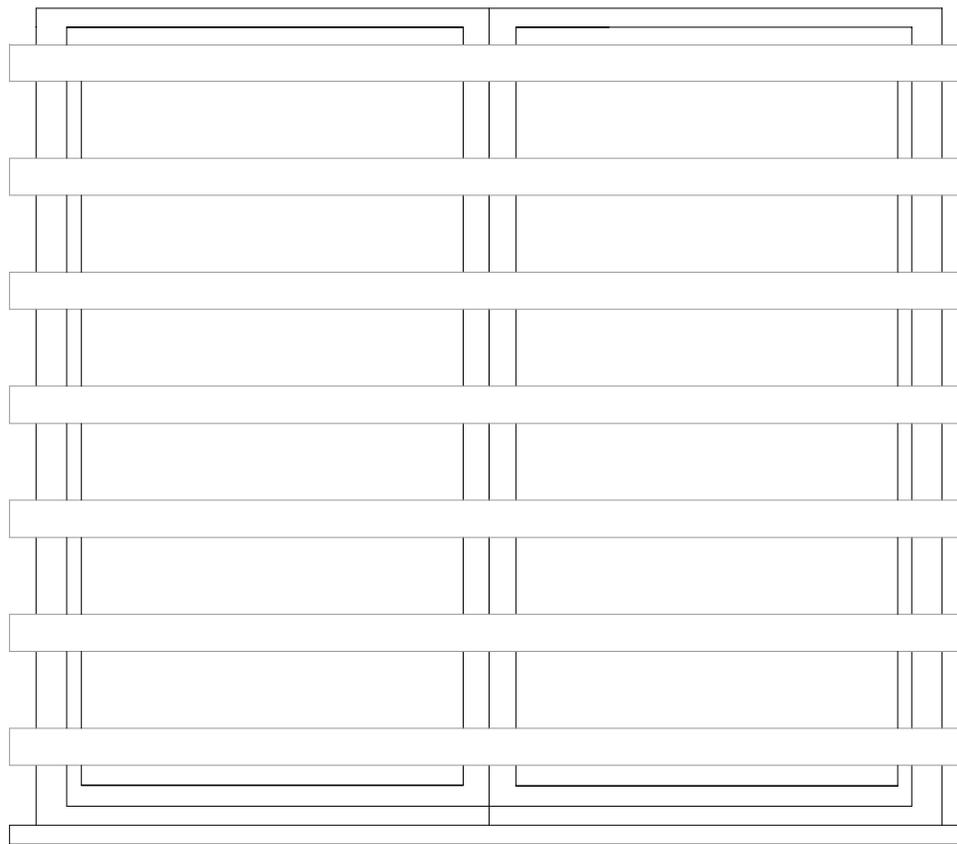
SECCIÓN HORIZONTAL. Encuentro cerramiento, cruce de tabiques y carpintería



DETALLE COLOCACIÓN MONTANTE Y CANAL



SECCIÓN VERTICAL. Encuentro carpintería y forjado



Alzado

Vidrio de baja emisividad doble con cámara de aire

Marco de madera

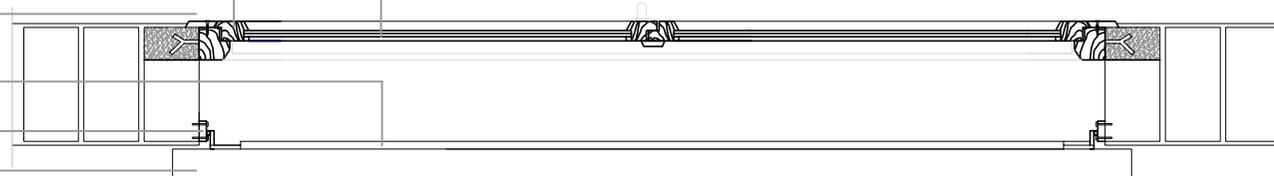
Premarco de madera

Tapajuntas de madera

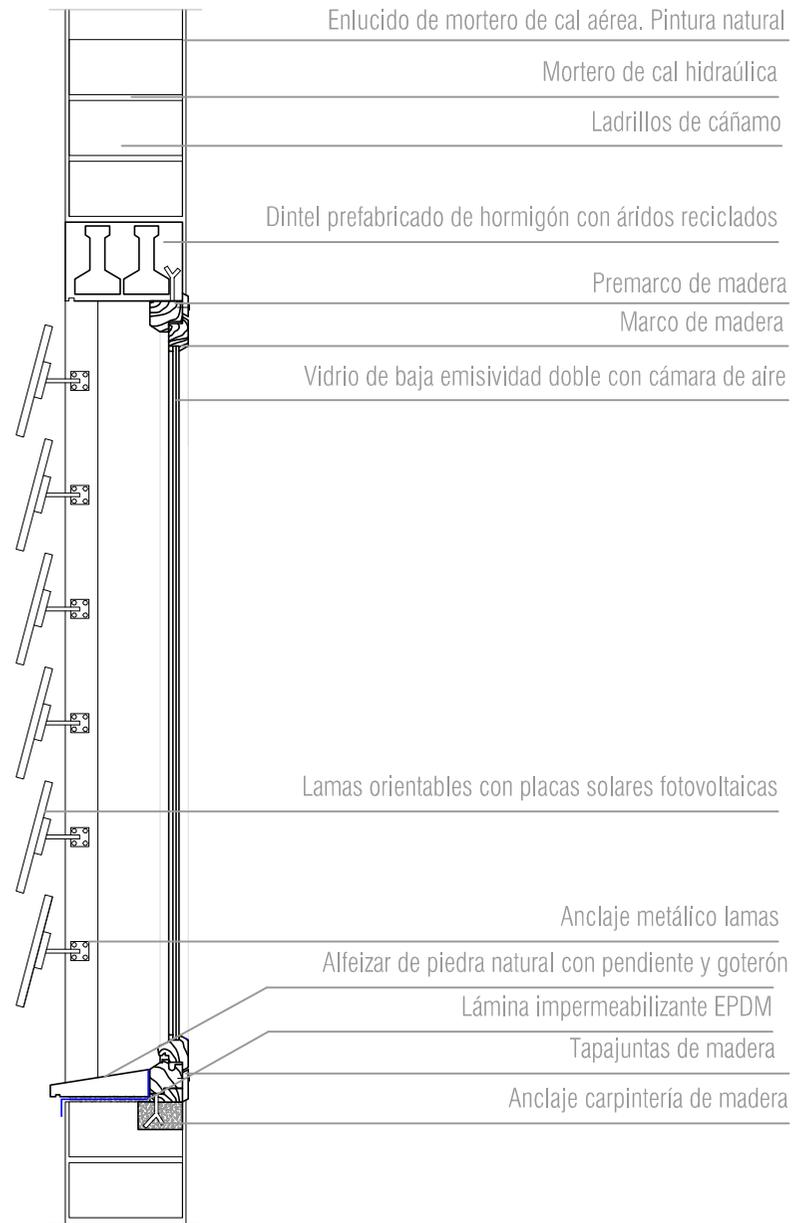
Placas fotovoltaicas

Anclaje metálico de lamas

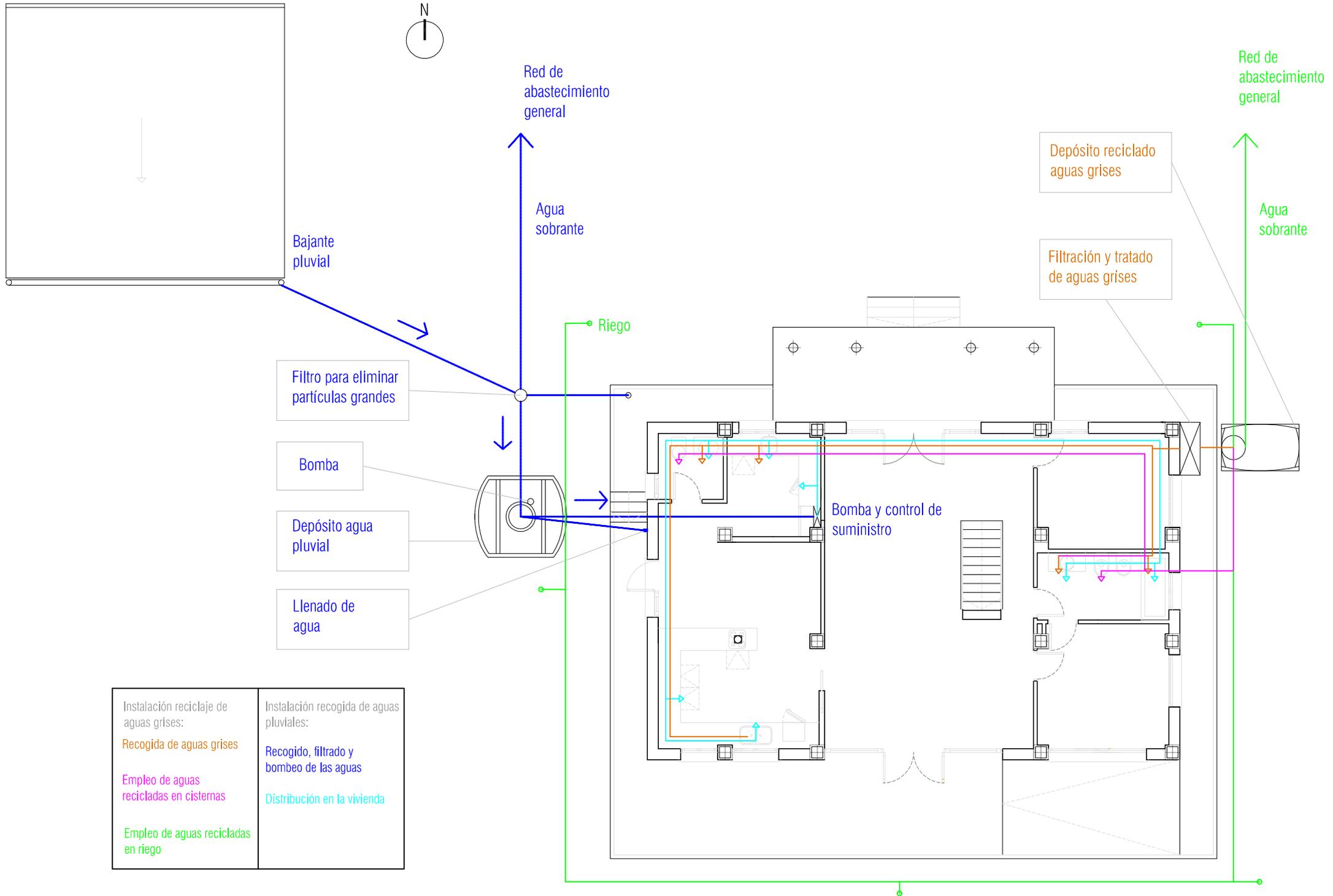
Lamas orientables

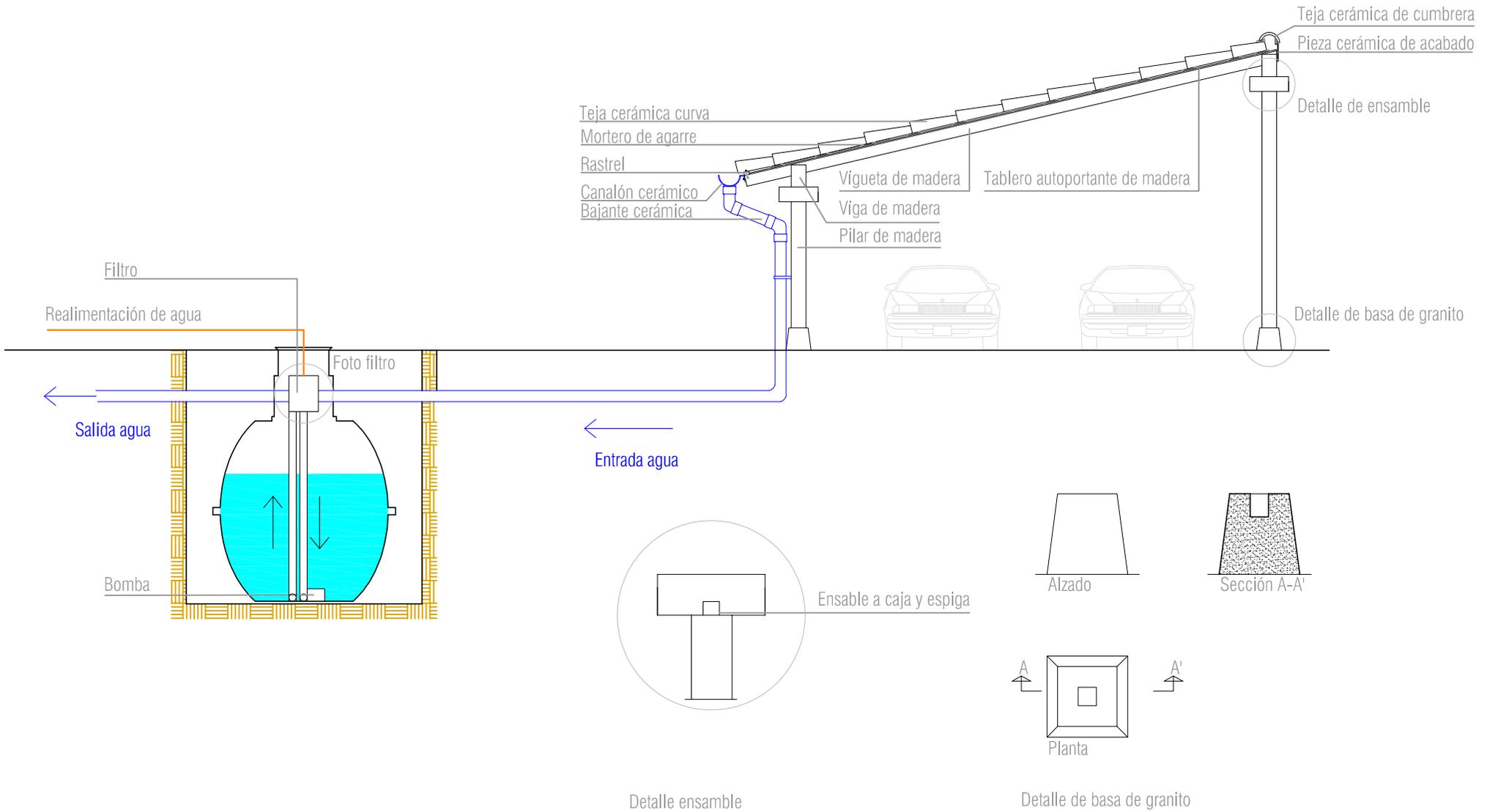


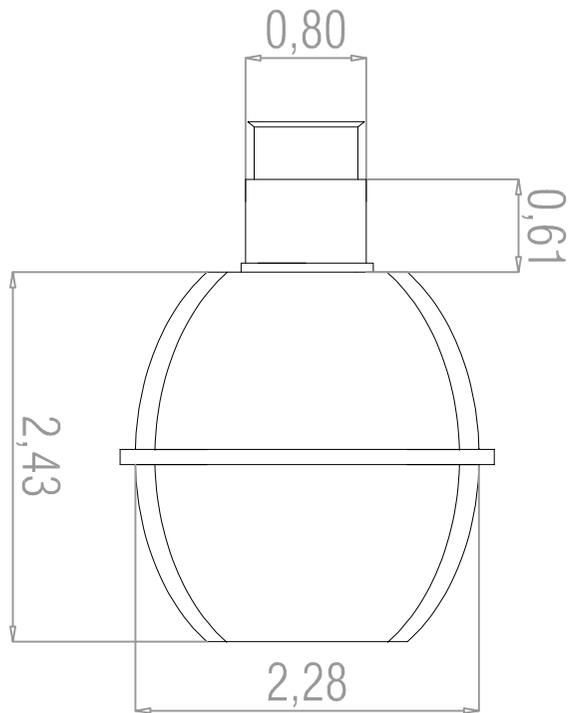
Planta



Perfil

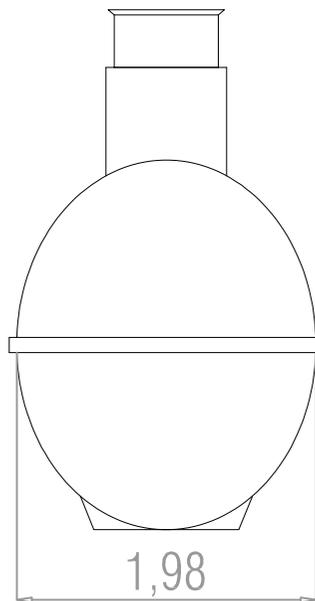




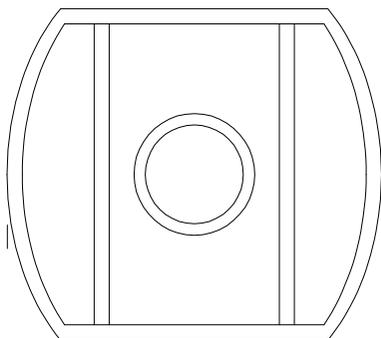


Alzado

Capacidad: 4800 l

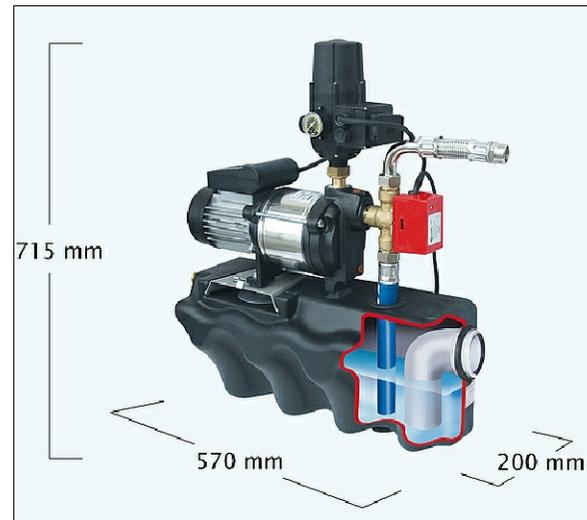


Perfil

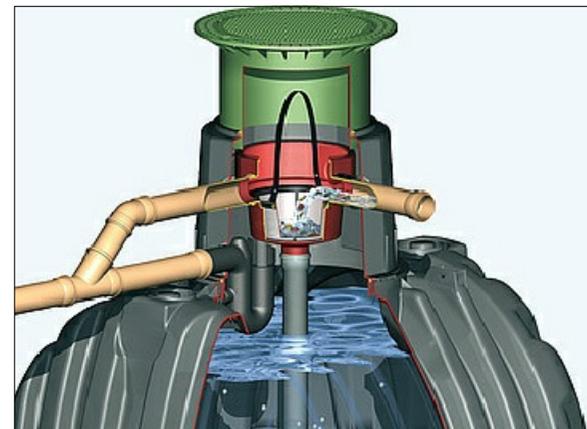


Planta

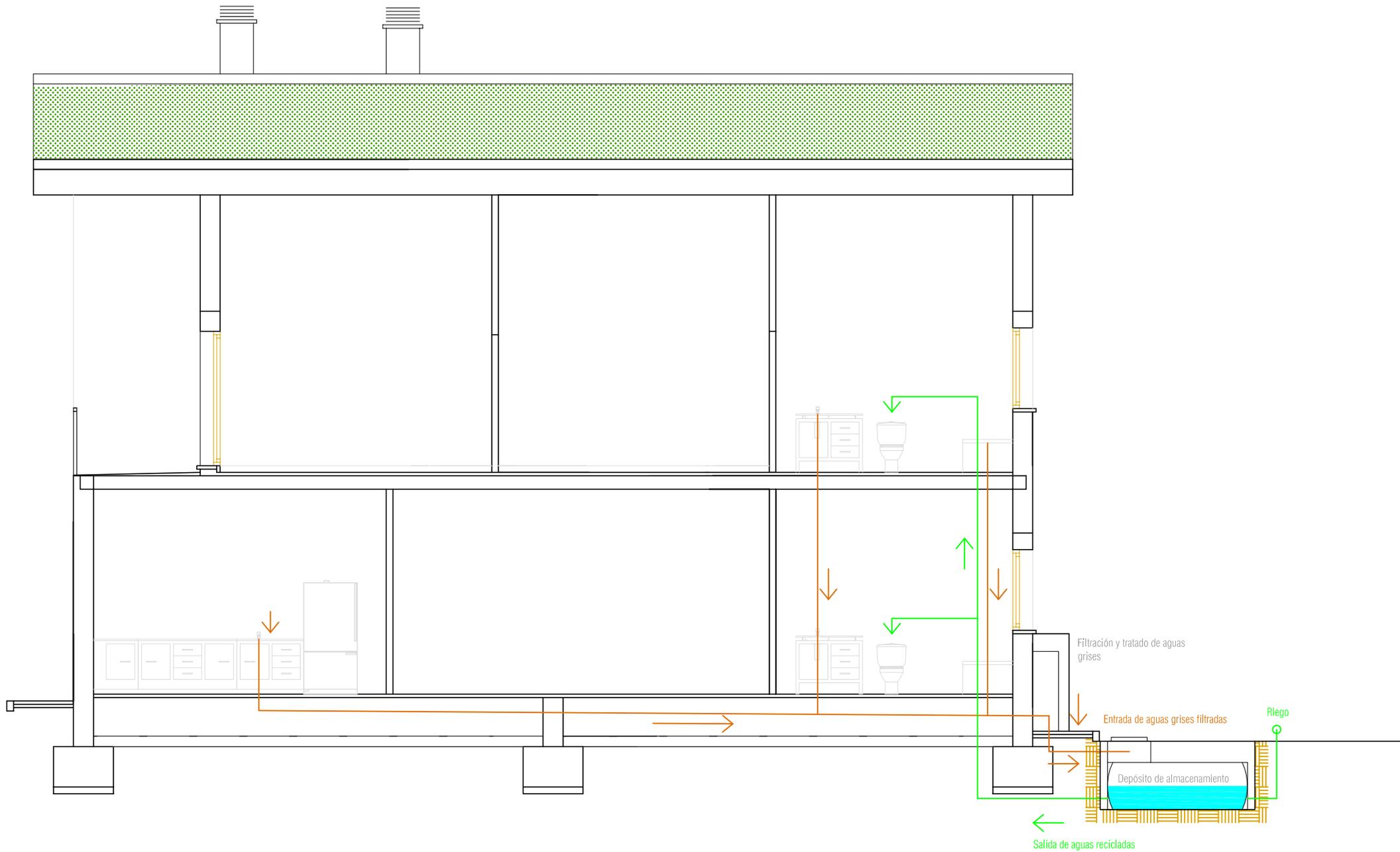
Detalle bomba



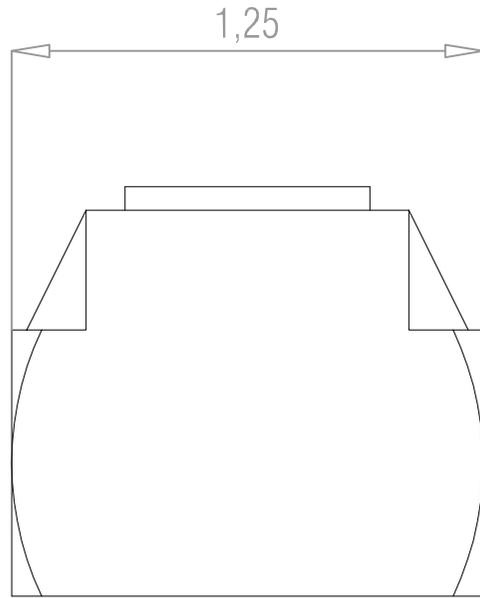
Detalle filtro



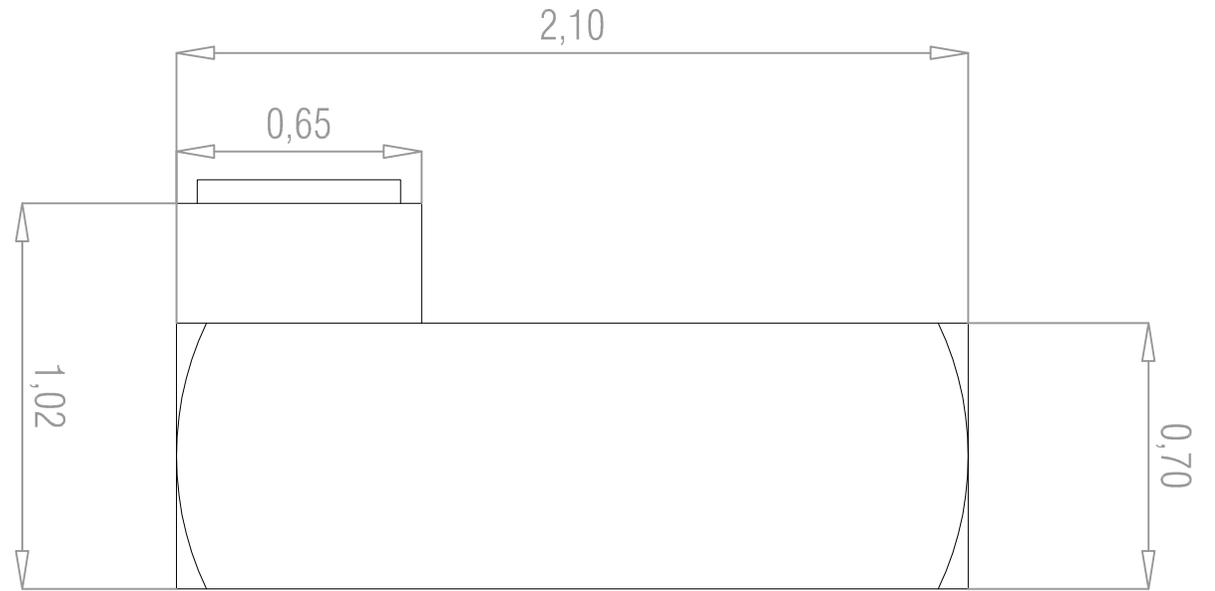
COTAS EN METROS



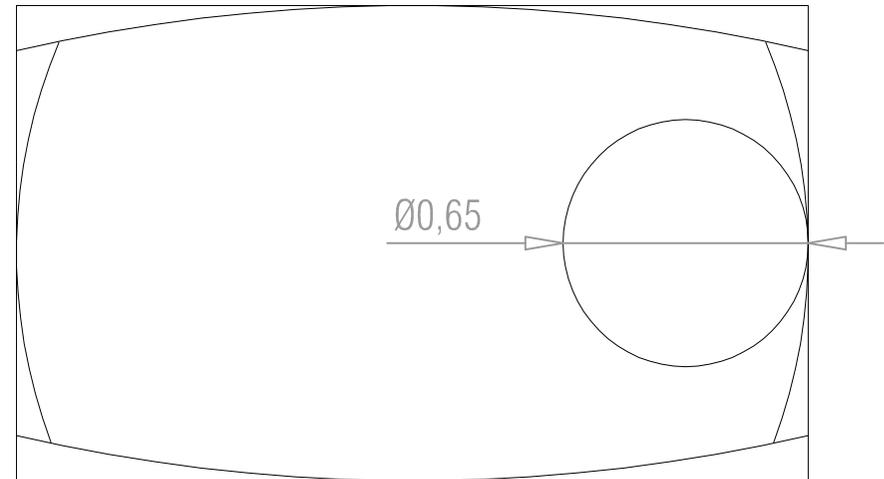
Capacidad 1300 l



Perfil



Alzado



Planta

COTAS EN METROS