



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR DE  
ARQUITECTURA

# MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN RECICLADOS Y REUTILIZADOS PARA LA ARQUITECTURA SOSTENIBLE

---

Trabajo Final de Grado – Grado en Fundamentos de la Arquitectura

Autor: Beatriz Dobón Oliver  
Tutor: José María Vercher Sanchis  
Cotutor: María Juana Solano Cubells

E.T.S.A. Valencia – Curso Académico 2018/2019  
Valencia, octubre 2018

**Título:** Materiales de construcción reciclados y reutilizados para la arquitectura sostenible.

**Resumen:** El contenido de este Trabajo de Fin de Grado consiste en el análisis de materiales de construcción reciclados y reutilizados para la arquitectura sostenible. Para empezar, se hará un breve análisis de construcciones realizadas con estos materiales. También realizaremos un análisis de construcciones sostenibles ya existentes. Se pretender analizar materiales reciclados, siendo estos residuos convertidos en nuevos productos para reducir el consumo de materias primas. Estudiaremos de igual manera materiales reutilizados entendidos como productos a los que se les otorga una segunda vida, con el mismo uso o diferente. El fin de estos análisis reside en alcanzar una arquitectura que sea respetuosa con el medio ambiente. Para finalizar, se planteará una propuesta de vivienda utilizando las conclusiones de los correspondientes análisis.

**Palabras claves:** Materiales reciclados, materiales reutilizados, arquitectura sostenible, medio ambiente.

**Title:** Recycled and reused construction materials for sustainable architecture.

**Abstract:** The content of this Thesis approaches an analysis of different recycled and reused construction materials for sustainable architecture. First, an analysis of different constructions built with these materials will be carried. Furthermore, different types of recycled materials will be studied, which are recovered materials from waste that are turned into new products. In addition, reused materials will be investigated. Reused materials are products that are granted a second life and can have the same or different use. The aim of this thesis is to approach a sustainable architecture that is respectful to the environment. Finally, a housing type will be proposed as a result of the corresponding conclusions reached in the above analysis.

**Keywords:** Recycled materials, reused materials, sustainable architecture, environment.

**Títol:** Materials de construcció reciclats y reutilitzats per a l'arquitectura sostenible.

**Resum:** El contingut d'este Treball de Fi de Grau consistix en l'anàlisi de materials de construcció reciclats i reutilitzats per a l'arquitectura sostenible. Per a començar, es farà una breu anàlisi de construccions realitzades amb estos materials. També realitzarem una anàlisi de construccions sostenibles ja existents. Es pretendre analitzar materials reciclats, sent aquestos residus convertits en nous productes per a reduir el consum de matèries primeres. Estudiarem de la mateixa manera materials reutilitzats entesos com a productes a què se'ls atorga una segona vida, amb el mateix ús o diferent. El fi d'aquestes anàlisis residix a aconseguir una arquitectura que siga respectuosa amb el medi ambient. Per a finalitzar, es plantejarà una proposta de vivenda utilitzant les conclusions de les corresponents anàlisis."

**Palaures clau:** Materials reciclats, materials reutilitzats, arquitectura sostenible, medi ambient.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	4
1.1 Motivación.....	4
1.2 Objetivos.....	4
1.3 Metodología de trabajo.....	5
<b>2. ARQUITECTURA SOSTENIBLE</b> .....	6
2.1 Definición.....	6
2.2 Principios.....	6
2.3 La arquitectura sostenible como una necesidad.....	7
2.4 Arquitectos y arquitectura de referencia.....	9
<b>3. ANÁLISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN RECICLADOS, REUTILIZADOS Y ECOLÓGICOS</b> .....	13
3.1 Materiales reciclados.....	15
3.1.1 Cerramiento. Ladrillo prefabricado con plásticos reciclado.....	15
3.1.2 Pavimento. Linóleo.....	19
3.1.3 Cubierta. Teja de plástico reciclado.....	24
3.1.4 Aislamiento. Celulosa de papel de periódico reciclado.....	29
3.2 Materiales reutilizados.....	33
3.2.1 Cerramiento y pavimento. Palés de madera.....	33
3.3 Materiales ecológicos.....	37
3.3.1 Cerramiento. Cannabric.....	37
3.3.2 Pavimento. Bambú.....	43
3.3.3 Cubierta. Tejas de madera.....	47
3.3.4 Aislamiento. Panel de corcho aglomerado.....	51
<b>4. PROPUESTA DE VIVIENDA</b> .....	54
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	58
<b>6. FIGURAS</b> .....	59
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	65

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Motivación

La elección del tema responde a un interés personal de conocer más allá de los materiales estudiados en la escuela de arquitectura. Ampliar el abanico de conocimientos sobre materiales de construcción diferentes a los materiales de construcción habituales.

El tema surge también como una investigación para buscar alternativas sostenibles, estudiarlas y poder aplicarlas, con el siguiente análisis se facilitará información para ello.

“Hay suficiente en el mundo para las necesidades del hombre, pero no para su avaricia” (Ghandi, M).

### 1.2 Objetivos

El objetivo principal es estudiar y analizar materiales para construir una arquitectura con materiales sostenibles.

Uno de los primeros objetivos es introducir el tema de la arquitectura sostenible. Conocer sus principios, antecedentes y porque es una necesidad.

Se clasifican los materiales de construcción en reciclados, reutilizados y ecológicos para sistemas de cerramientos, pavimentos, cubiertas y aislantes.

Cada uno de los materiales se investiga para saber que es, de que sirve, como se hace, sus características técnicas, como se instala en la construcción y que ventajas e inconvenientes tiene. Con este análisis se da a conocer al material desde que es materia prima, pasando por su producción, como se usa y el final de su ciclo de vida. De esta manera tenemos un mayor conocimiento para valorar si nos interesa utilizar el material.

Finalmente, se propondrá una vivienda sencilla diseñada con algunos de los materiales estudiados.

### **1.3 Metodología de trabajo**

La metodología que se plantea en este Trabajo de Fin de Grado se basa en el estudio descriptivo y análisis de materiales para conocer cómo funcionan y como se ejecutan. Tras una introducción al tema de la arquitectura sostenible y un pequeño estudio de construcciones sostenibles ya realizadas, se procede a analizar varios materiales de distintos tipos y con distintas funciones.

El contenido se dividirá en los siguientes apartados:

#### **1. Investigación bibliográfica**

En esta fase se realizará una investigación sobre materiales sostenibles, materiales que sean reciclados, reutilizados o ecológicos. Se trata de averiguar todas las características de los materiales. Además, se investigará sobre la arquitectura sostenible y a arquitectos de referencia en este campo, así como proyectos de referencia que sirvan como ejemplo.

A partir de libros, catálogos comerciales, artículos, revistas y páginas webs, se recopilará toda la información necesaria para adquirir conocimientos y poder desarrollar el posterior análisis.

#### **2. Introducción a la arquitectura sostenible**

Se estudiará el significado de la arquitectura sostenible en todo su contexto. Se realizará una descripción y una explicación de la importancia de este tema.

#### **3. Análisis de los distintos tipos de materiales**

Con el material bibliográfico necesario se procede a desarrollar el análisis de los materiales. Los materiales a estudiar tendrán características sostenibles en común, pero se buscará la diversidad tanto de su procedencia como de su ejecución.

#### **4. Propuesta y conclusiones**

Para finalizar el trabajo se presentará una propuesta de vivienda donde se apliquen algunos de los materiales analizados y se observe su ejecución. Con toda la información obtenida se realizarán una serie de conclusiones.

## 2. ARQUITECTURA SOSTENIBLE

### 2.1 Definición

“Una verdadera Arquitectura Sostenible es aquella que satisface las necesidades de sus ocupantes, en cualquier momento y lugar, sin por ello poner en peligro el bienestar y el desarrollo de las generaciones futuras. Por lo tanto, la arquitectura sostenible implica un compromiso honesto con el desarrollo humano y la estabilidad social, utilizando estrategias arquitectónicas con el fin de optimizar los recursos y materiales; disminuir el consumo energético; promover la energía renovable; reducir al máximo los residuos y las emisiones; reducir al máximo el mantenimiento, la funcionalidad y el precio de los edificios; y mejorar la calidad de la vida de sus ocupantes”. (Luís de Garrido. 2010)<sup>1</sup>

Un edificio sostenible se debe proyectar desde un principio estudiando su eficiencia energética, teniendo en cuenta su entorno inmediato, el medio ambiente, la eficiencia de los materiales, su estructura, el proceso de construcción, la salubridad y el confort y el impacto final que tiene tanto en la naturaleza como en la sociedad.

Es aquella que piensa en todo el ciclo de vida del edificio. Desde que se proyecta para poder optimizar los recursos, pasando por la construcción para generar el menor impacto en el medio ambiente, hasta su uso donde debe ser eficaz energéticamente. Incluso se debe tener en cuenta su derribo para minimizar los residuos y que a la vez estos puedan ser reutilizados o reciclados.

Surge como una necesidad de cambio en el diseño y construcción de edificios, como estrategia para garantizar los recursos existentes y para poder diseñar y vivir sin utilizar recursos no renovables. También como respuesta para minimizar y mitigar los efectos del cambio climático y conservar el medio ambiente.

### 2.2 Principios

Los pilares básicos en los que se debe fundamentar la arquitectura sostenible son:

1. Optimización de recursos. Naturales y artificiales
2. Disminución del consumo energético
3. Fomento de fuentes energéticas naturales
4. Disminución de residuos y emisiones
5. Aumento de la calidad de vida de los ocupantes de los edificios
6. Disminución del mantenimiento y coste de los edificios

El grado de consecución de cada uno de estos pilares básicos constituye, por tanto, el nivel de sostenibilidad de una construcción.

(Luís de Garrido. 2010)

---

<sup>1</sup> Luís de Garrido (1967) es un arquitecto español muy involucrado con la arquitectura sostenible. Actualmente dirige el programa de especialización profesional del Máster Avanzado en Arquitectura Sostenible y Bioclimática.

### 2.3 La arquitectura sostenible como una necesidad

Vivimos en una época de transición, de cambios. La arquitectura se encuentra agitada por el debate de la sostenibilidad. La sociedad está cada día más concienciada de que existe un problema y de que hay que buscar un cambio. Necesitamos nuevas alternativas, una nueva arquitectura. Debemos aprender a incorporar nuevos objetivos y a proyectar mirando al futuro. (Soriano, M. 2013)(Ching, F & Shapiro, I. 2015).

El cambio climático es una realidad alarmante. Desde hace ya unas décadas experimentamos las consecuencias del cambio climático con los fenómenos atmosféricos extremos, olas de calor, huracanes, inundaciones...los desastres relacionados con el clima corresponder a un 70% de los desastres naturales que ocurren hoy en día. El calentamiento global es indiscutible, el deshielo y el ascenso del nivel medio de los océanos causado por el aumento de temperatura superficial de la tierra es la prueba de ello. (figura 1)

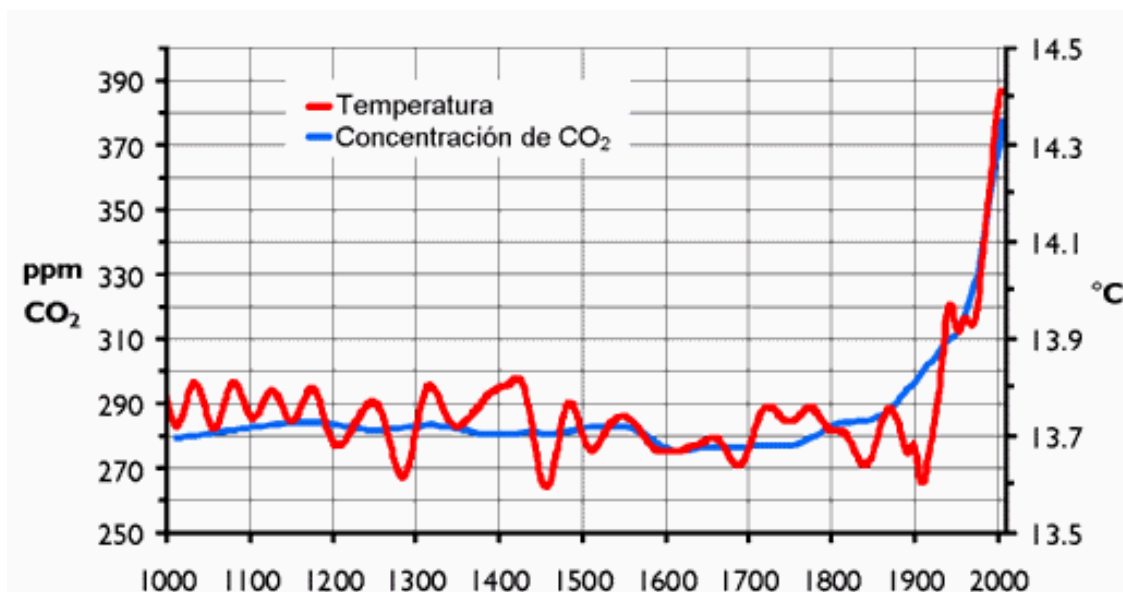


Figura 1. Niveles de CO<sub>2</sub> en la atmosfera y aumento de la temperatura de la superficie de la tierra.

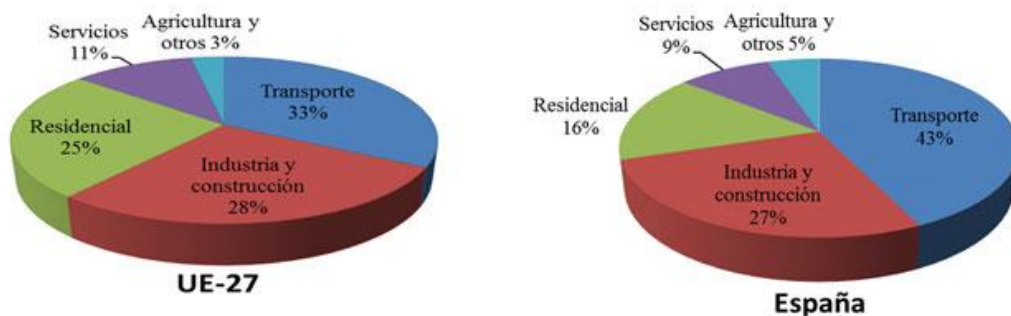


Figura 2. Consumo energético por sector en España y en la Unión Europea.



Con el comienzo de la revolución industrial se empezó a utilizar en mayores cantidades los combustibles fósiles, lo que ha contribuido a concentraciones crecientes de dióxido de carbono, metano y dióxido de nitrógeno en la atmósfera (gases de efecto invernadero). Estos gases son los culpables de que la temperatura superficial de la tierra vaya en aumento. El sector de la construcción es el segundo sector en España y en la UE responsable de las emisiones de gases de efecto invernadero. (figura 2) (Ching, F & Shapiro, I. 2015).

La arquitectura sostenible puede contribuir a minimizar el impacto medio ambiental que supone el sector de la construcción a día de hoy. Acciones como el uso de energías renovables tanto como para la producción de materiales de construcción como para la funcionalidad de los edificios que diseñamos, pueden suponer una grandísima diferencia en los niveles de CO<sub>2</sub> de la atmosfera. Minimizar la cantidad de residuos o encontrar en estos una oportunidad de crear, construir con materiales de nuestro mismo entorno, aprovechar las aguas residuales. Reciclar, reutilizar y reducir. Estos cambios pueden causar una gran diferencia.

Durante las últimas décadas hemos ido conociendo más datos sobre el cambio climático y otros riesgos medioambientales, así como datos acerca del rendimiento de los edificios. Estos datos nos ofrecen la oportunidad de enfocar el proyecto arquitectónico desde nuevos ángulos. Aunque resulta tentador caer en lo cómodo y diseñar con los recursos que ya conocemos, debemos de utilizar el sentido común y ser conscientes de que hay que adaptarse a una nueva arquitectura. (Ching, F & Shapiro, I. 2015).

## 2.4 Arquitectos y arquitectura de referencia

Si hablamos de arquitectura sostenible construida a partir de materiales ecológicos, tenemos que nombrar las construcciones Earthship. Estas construcciones son ecológicas y autosuficientes. Se construyen con materiales reciclados y materiales que se encuentran en el entorno, y son construcciones de bajo coste.

Michael Reynolds empezó a diseñar este tipo de viviendas en 1972. A este arquitecto estadounidense se le conoce como el guerrero de la basura. Se trasladó a Nuevo México, EE. UU donde empezó a experimentar con este tipo de construcciones. (Soriano, M. 2013)

Las earthship se definen por 6 principios básicos de diseño. Construir con materiales naturales y materiales reutilizados. Calefacción y refrigeración térmica-solar (figura 3) Utilización de energías renovables, paneles solares y energía eólica. Recogida del agua de lluvia (figura 4). Aprovechamiento de las aguas residuales. Producción propia de comida. (Reynolds, M).



Figura 3 y 4. Principios básicos de diseño de una earthship.

Las viviendas están construidas a base de materiales residuales: neumáticos usados (figura 5), botellas de vidrio, botellas de plástico, latas de aluminio... Son viviendas ecológicas totalmente integradas en el paisaje. Cada earthship recicla sus propios desperdicios y aguas residuales

Los neumáticos usados y las botellas se cubren con tierra y paja para crear muros de hasta 1 metro de anchos en las orientaciones norte, este y oeste. Este tipo de muros confiere a la vivienda un gran aislamiento térmico. Se pueden instalar ventanas pequeñas en estos muros y claraboyas en la cubierta para que entre la luz. En la orientación sur suele encontrarse un gran ventanal con doble vidrio con uno o dos invernaderos. (Soriano, M. 2013).



Figura 5. Construcción de los muros para una escuela sostenible en Buenos Aires, Argentina.

Las ventajas de este tipo de construcción comparadas con las construcciones habituales son varias. Son construcciones de bajo coste y supone un gran ahorro para sus habitantes a lo largo del ciclo de vida de la vivienda.

Reynolds también ha diseñado varias earthships tras desastres naturales. La Simple Survival Earthship (figura 6) está diseñado para proporcionar un refugio cómodo, agua limpia, aguas residuales contenidas y energía solar tras un desastre natural. Fue construida en Haití y ya se ha aplicado a numerosos proyectos humanitarios. La Hut Earthship (figura 7) es otra vivienda diseñada tras un huracán en Honduras.

(Reynolds, M).



Figura 6. Simple Survival Earthship in Haiti.  
Figura 7. Hut Earthship in Honduras.

Michael Reynolds (figura 8) ha construido miles de earthships en lugares como Argentina, Australia, Bolivia, Canadá, Estados Unidos (figura 9), Japón, Méjico, e incluso en Francia.

(Soriano, M. 2013).



Figura 8. Michael Reynolds building with natural and repurpose materials.  
Figura 9. Waybee Earthship.

Otro arquitecto de gran importancia en la arquitectura sostenible es Shigeru Ban (1957). Este arquitecto japonés prioriza la utilización de materiales reutilizados en sus construcciones. Es un activista que lleva trabajando desde 1994 en numerosos proyectos humanitarios.

En 2014 fue galardonado con el premio Pritzker por su arquitectura innovadora al ser el primer arquitecto en construir con tubos de cartón reutilizados, como también por su compromiso con la comunidad.

Hablando en la TedTalk, Shigeru Ban comentaba que se sintió muy decepcionado al finalizar un proyecto para el gobierno francés. Reflexiono sobre la situación de los arquitectos, construyendo para gente privilegiada que necesita de la ayuda de los arquitectos para hacer visible su dinero y poder. Fue en ese momento cuando quiso acercarse a una arquitectura para la sociedad y contribuir en la arquitectura de emergencia.

En 1995 diseño en Kobe, Japón las Paper Log Houses (figura 10). Un proyecto destinado a familias sin hogar. La vivienda consiste en cajas de cerveza donadas cargadas con bolsas de arena como cimientos. Las paredes están hechas de tubos de papel de 106 mm de diámetro y 4 mm de grosor, con un material textil como cubierta. Como aislamiento se utilizó una esponja impermeable entre los tubos que conforman el cerramiento. El coste final fue inferior de los \$ 2000 por 52 m<sup>2</sup>. Estas viviendas son fáciles de desarmar y sus materiales pueden ser reciclados o reutilizados tras su ciclo de vida. (Ban, S).



Figura 10. Paper Log Houses-Kobe,Japan.

En el 2000 fue invitado a diseñar el pabellón de Japón en Hannover, Alemania (figura 11). Su principal objetivo era que una vez el pabellón fuera demolido, los materiales se pudieran reciclar. Otro objetivo era diseñar un pabellón lo menos tecnológico posible, así que abogaron por uniones simples de tela o cinta metálica. (Ban, S).



Figura 11. Japan Pavillon-Hannocer,Germany.

Uno de sus proyectos más recientes es un edificio de tres plantas en Tokio, Japón. La estructura del edificio es de madera y en el restaurante que se encuentra en planta baja vuelve a utilizar tubos de papel reciclado para crear un ambiente acogedor junto con la madera. Emplea estos materiales porque son estables, económicos, se pueden encontrar en cualquier lugar y son reciclables al finalizar el ciclo de vida del edificio. En este proyecto Shigeru vuelve a demostrar la sensibilidad y sutileza que le caracteriza. La armonía está presente en el edificio entero, es un cuerpo continuo. Unidad en todo el conjunto y en el interior y exterior. Diseña basándose en la filosofía japonesa.

(Ban, S).



Figura 12. Vin Sante + N House-Tokyo, Japan.

### **3. ANÁLISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN RECICLADOS, REUTILIZADOS Y ECOLÓGICOS**

Este Trabajo de Fin de Grado se centra en el análisis de materiales de construcción. Los materiales que se utilizan en un proyecto tienen un gran impacto medioambiental desde que se extraen las materias primas para ser fabricados hasta que es demolido el edificio. La elección de los materiales puede ser la clave para conseguir una arquitectura sostenible.

El criterio de selección de los materiales analizados a continuación corresponde a:

- Materiales producidos con energías renovables.
- Materiales diseñados para que puedan ser reciclados o reutilizados al final de su ciclo de vida.
- Materiales fabricados a partir de recursos renovables
- Materiales que reduzcan la cantidad de residuos

Los materiales reciclados cumplen este criterio. El reciclaje de materiales se trata de procesar residuos para convertirlos en un nuevo producto. Consiste en reaprovechar un deshecho, puede ser manipulado para llegar a ser nuevo producto o materia prima para generar otro material. Algunas de las ventajas de utilizar materiales reciclados son:

- Reducción del uso de nuevas materias primas
- Reducción de deshechos
- Reducción del uso de energía
- Reducción de gases de efecto invernadero

Reutilizar materiales conlleva a reducir la fabricación de nuevos productos. Reutilizar es volver a usar un determinado producto para darle una segunda vida, con el mismo uso u otro diferente. De esta forma se minimiza la energía para la extracción y procesamiento de nuevos materiales y el agotamiento de recursos no renovables. (Soriano, M. 2013).

Otra opción de materiales que cumple con el criterio de selección son los materiales ecológicos. Son aquellos que podemos encontrar en nuestro entorno o que proceden de recursos renovables. Un ejemplo es la madera que procede de bosques responsables.

Un factor muy importante a tener en cuenta es el ciclo de vida de un material. Comienza con la extracción de la materia prima y termina cuando el material se convierte en un residuo. Si el material se puede reciclar o reutilizar, el ciclo de vida volvería a empezar. El material ideal es aquel que su ciclo de vida es un circuito circular cerrado. Un continuo uso, un bucle.

Life-Cycle-Assessment (LCA) es una técnica cualitativa para la evaluación de los impactos medioambientales de un material de construcción. Analiza todos los inputs (energía, agua y recursos utilizados) y outputs (huella ecológica) del material, así como el potencial de impacto que puede tener en el medioambiente. (figura 13). (Calkins, M. 2009).

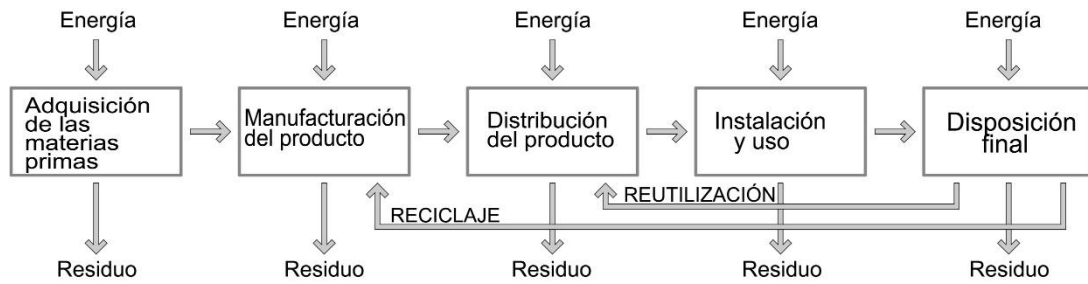


Figura 13. Ciclo de vida de un material.

Existe una amplia variedad de certificados para homologar un material o un edificio. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) (figura 14). es un programa que certifica la arquitectura ecológica. Este sistema de evaluación se proyectó a partir del consenso entre distintas instituciones federales, estatales, locales, arquitectos, ingenieros y proveedores. Otro sistema que mide y evalúa la sostenibilidad y el comportamiento medioambiental es el sistema BREEAM (Building Research Environmental Assessment Method) (figura 15). Es una propuesta británica del Building Research Establishment (BRE), la escala de evaluación es: aceptable, bueno, muy bueno, excelente y sobresaliente. Desde 1990 es uno de los sistemas más antiguos y extendidos.

(Ching, F & Shapiro, I. 2015).



Figura 14. Certificación de arquitectura ecológica LEED.

Figura 15. Certificación BREEAM.

### 3.1 Materiales reciclados

#### 3.1.1 Cerramiento. Ladrillo prefabricado con plásticos reciclado

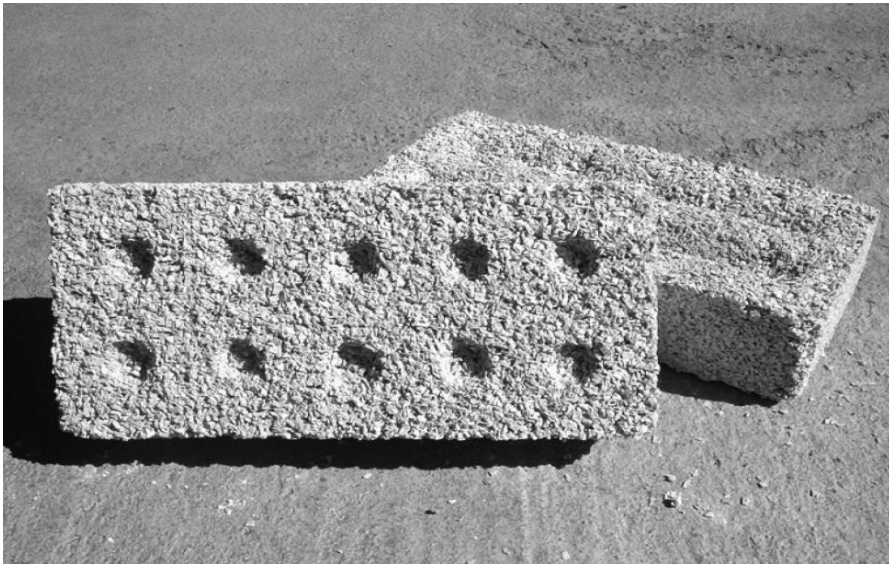


Figura 16. Ladrillo prefabricado con plástico reciclado.

**Nombre del producto:** Ladrillo PET

**Empresa:** CEVE<sup>2</sup>

**Descripción:**

Los ladrillos prefabricados con plástico reciclado (figura 16) están compuestos de cemento portland como ligante y plástico reciclado como sustituto del árido fino, más un aditivo químico que mejora la adherencia de las partículas plásticas al cemento. Fueron desarrollados por la CEVE. El material que se utiliza es de tres tipos:

- Polietileno tereftalato (PET<sup>3</sup>) procedente de envases de bebidas descartables, residuo posconsumo.
- Plásticos varios procedentes de embalajes de alimentos o de perfumería, residuo de fábrica por fallas de espesor o entintado, compuestos por: polietileno tereftalato (PET), polietileno de baja densidad (LDPE), polipropileno biorientado (BOPP), cloruro de polivinilo (PVC), con tintas aplicadas y polvo de aluminio (en el caso de láminas con aspecto brillante).
- Poliestireno expandido (PS), residuo de fábricas de placas de aislación térmica para construcciones.

---

<sup>2</sup>El Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) es un centro de investigación, experimentación, desarrollo y transferencia de tecnologías de construcción y gestión integral, destinadas a la producción social del hábitat. Se encuentra en Córdoba, Argentina.

<sup>3</sup> PET es la abreviatura de polietileno tereftalato, una resina plástica y una forma de poliéster. Es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo.



El material obtuvo una patente en el 2008 y un Certificado de Aptitud Técnica otorgado por la Subsecretaría de Vivienda y Desarrollo Urbano de Argentina en el año 2006.

Tienen las mismas medidas que los ladrillos cerámicos habituales, 12cm x 18cm x 33cm.

(Gaggino, R. 2008).

### Uso:

Los Ladrillos PET solo pueden ser utilizados como cerramiento no portante. La estructura debe de ser independiente al cerramiento. Las superficies de los cerramientos deben ser revocadas con mortero. El aspecto final del cerramiento no se distingue de un cerramiento tradicional. Están diseñados para constituir un cerramiento de una hoja con revoco a ambas caras.

(Gaggino, R. 2008).

### Proceso de elaboración:

1. Primero se seleccionan los residuos de plástico. No es necesario un lavado previo (salvo que sean plásticos obtenidos de la basura).
2. Los plásticos son triturados en un molino que logra la granulometría adecuada para que puedan ser incorporados al cemento y sustituir al árido fino.
3. A continuación, en una hormigonera común se mezcla el cemento portland, el plástico triturado, agua y el aditivo.
4. Para finalizar el proceso, se coloca la mezcla en una prensa manual para dar forma a los ladrillos.
5. Tras el desmolde deben ser curados con agua en forma de lluvia fina o bañados en un cubo de agua. El producto final se obtiene tras 28 días.

En el caso de los envases de PET, no es necesario retirar las etiquetas ni tapas previo al proceso de triturado. No se pueden utilizar envases procedentes de la industria agroquímica y en general, aquellos que puedan haber estado en contacto con sustancias tóxicas.

Un ladrillo PET se fabrica con 20 botellas de plástico.

(Gaggino, R. 2008).

### Características técnicas:

Peso específico	826 kg/m <sup>3</sup>
Conductividad térmica	0,18 W/mk
Aislamiento acústico	45 dB
Carga máxima de rotura	20 kg/cm <sup>2</sup>
Absorción de agua	19,10% (masa)
Resistencia al fuego	Clase RE-2

Tabla 1. Características técnicas del Ladrillo PET.

Los ladrillos PET son ligeros debido a la sustitución del árido fino por plástico triturado. También son malos conductores del calor, lo que significa que son muy buenos aislantes térmicos. Tienen una resistencia mecánica baja por lo que solo pueden ser utilizados en cerramientos no portantes. Su resistencia al fuego es buena, según se comprobó en Ensayo de Propagación de Llama realizado en el laboratorio de INTI, del cual surge su clasificación como “Clase RE-2: Material combustible de muy baja propagación de llama”. (Gaggino, R. 2008).

**Aplicación:**

Su aplicación (figura 17) es la misma que la de un ladrillo cerámico hueco. El cerramiento de una hoja se construye del mismo modo que un cerramiento de una hoja con ladrillo cerámico hueco, por hileras y con revoco a ambos lados. (figura 18).

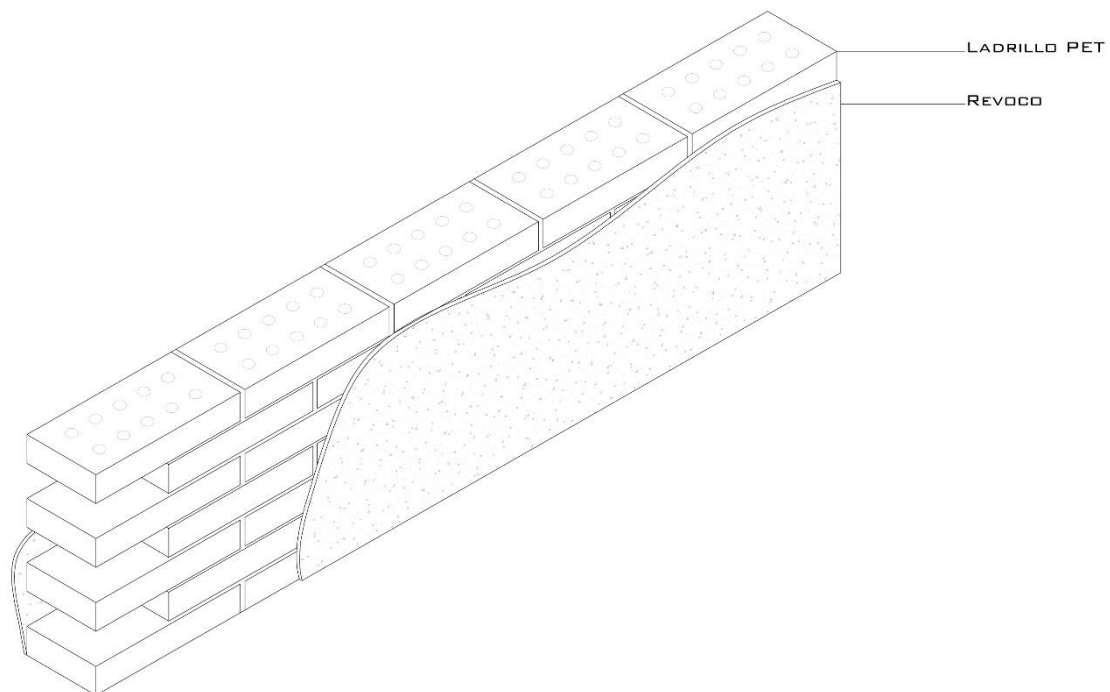


Figura 17. Detalle constructivo de un cerramiento de hoja simple con ladrillos reciclados y revoco a ambos lados.



Figura 18. Cerramiento con ladrillo prefabricado con plástico reciclado y cerramiento con ladrillo prefabricado con plástico reciclado con revoco.

### **Ventajas:**

- Alta capacidad de aislamiento térmico.
- Ladrillos muy ligeros. Un ladrillo PET pesa 1,4 kg, mientras que el de tierra pesa casi un kilo más.
- Se pueden construir viviendas más ligeras y muros de menor espesor al tener un mayor aislamiento térmico.
- Diseñados para que se utilicen en la autoconstrucción. Fácil de aplicar.
- Pueden fabricarse en casi cualquier país ya que su materia prima es un residuo abundante en los países desarrollados. Una menor necesidad de transporte significa menos emisiones de CO<sub>2</sub> y lo convierte en un producto más respetuoso con el medio ambiente.
- Para su fabricación se pueden utilizar energías renovables.

### **Inconvenientes:**

- Los ladrillos PET no están fabricados con materiales 100% reciclados.
- Es menos resistente que un cerramiento tradicional. No puede ser autoportante.
- Al acabar su ciclo de vida, el material no se puede reciclar ya que los materiales que lo componen no se pueden separar.
- Utiliza como materia prima el cemento, material de construcción más contaminante que existe por su fabricación.

### 3.1 Materiales reciclados

#### 3.1.2 Pavimento. Linóleo.



Figura 19. Forbo. Instalador de forbo aplicando adhesivo en Marmoleum.

Figura 20. Forbo. Marmoleum striato original.

**Nombre del producto:** Marmoleum striato original

**Empresa:** Forbo flooring system

**Descripción:**

El linóleo es un pavimento natural elaborado a partir de un 97% de materias primas naturales; 70% de las cuales se renuevan rápidamente, junto con un 43% de material reciclado. Las materias primas se obtienen en su hábitat natural, donde crecen y se renuevan, a menudo en tan sólo 12 meses. Tras un periodo de más de 30 años de ciclo de vida puede empezar de nuevo. El linóleo puede desecharse ya que es biodegradable. Los restos que no se utilizan en la instalación son reciclados en la producción de nuevos productos. Las fabricas donde se produce este pavimento funcionan con electricidad 100% renovable.

Este producto cuenta con una amplia gama de colores (figura 19). Se comercializan 300 colores y más de 12 estructuras diferentes. Se encuentra disponible en forma de rollo (figura 20) y en loseta modular.

(Forbo flooring system)

Los componentes del linóleo son los siguientes:

- Aceite de linaza

Se obtiene a partir de las semillas del lino.

- Resinas

Son la segunda materia prima más importante para poder obtener junto con el aceite el aglutinante.

- Harina de madera y corcho

Se obtiene de la industria de la madera, siendo un residuo en esta. Sirve como material de relleno

- Harina de piedra caliza

Sirve de material de relleno. Este material abunda en la naturaleza.

- Harina de linóleo

Se obtiene triturando y moliendo los restos de producción. Se añade a la masa base.

- Tejido de yute

La malla de yute forma la parte del revés del producto acabado. Procede de cosechas anuales.

- Pigmentos de color

De origen natural, no contienen plomo, cadmio ni cromo.

(DLW Design. 2017, 13 de enero).

### **Uso:**

El linóleo no acumula electricidad estática, lo que hace que repele el polvo y no atraiga ácaros. Esta facultad hace que el uso del linóleo sea perfecto para hospitales o para viviendas en las que sus ocupantes sufran de episodios asmáticos o de alergias.

El ser un material antibacteriano y fácil de mantener, lo que lo convierte en un material adecuado para colegios, oficinas, comercios e instalaciones deportivas.

El linóleo puede ser utilizado incluso en suelos radiantes.

### **Proceso de elaboración:**

1. El aceite de linaza y las resinas se mezclan en grandes calderas. El aceite absorbe el oxígeno y junto con las resinas crea un aglutinante flexible llamado cemento de linóleo. Este se recoge en contenedores y se traslada a un almacén climatizado. Los contenedores se mantienen almacenados entre 10 y 14 días hasta que el cemento de linóleo alcanza el nivel correcto de consistencia y elasticidad.
2. Añadir harina de madera al cemento de linóleo para crear una mezcla seca y firme.
3. A continuación, se añade piedra caliza molida junto con pigmento de color para constituir una masa firme y homogénea. La mezcla de linóleo coloreada se desmenuza en varias etapas mientras se transporta a las salas de almacenamiento hasta la fase de mezcla final.
4. Se crean camas de diferentes colores de gránulos de linóleos. Cada cama produce aproximadamente 15 rollos de linóleo y cada una de ellas se compone de entre 2 y 8 colores.
5. Los gránulos de linóleo bajan a través de cintas transportadoras. La mezcla de gránulos de diversos colores se calandra en una lámina de 1 metro de ancho.
6. Una cuchilla giratoria corta la lámina en piezas de 2 metros de ancho.

7. Las piezas se recogen, se voltean y se colocan sobre una cinta transportadora superpuestas como las tejas de un tejado.
8. En el otro extremo de la línea se prepara un gran rollo de material de yute. La fina malla de yute avanza hasta el linóleo para convertirlo en el material del revés del producto.
9. La malla de yute y las piezas de linóleo se juntan con una gran calandria con dos cilindros de diferentes temperaturas y velocidades, que presionan la lámina de linóleo con la malla de yute hasta conseguir el espesor indicado.
10. El rollo se transporta a las cámaras de secado. Después de un periodo de secado de entre 14 y 20 días, el linóleo se extrae de la cámara de secado.
11. Finalmente, recibe el tratamiento de acabado que se aplica en dos capas; una de imprimación y otra de acabado. Ambas capas se curan por UV y le confieren al linóleo una protección duradera.

(Forbo flooring system).

**Características técnicas:**

Grosor: 2,5 mm

Largo/ancho: 32m x 2m.

Tráfico doméstico intenso	Clase 23
Tráfico comercial: muy intenso	Clase 32
Tráfico industrial: intenso	Clase 43
Punzonamiento residual	≤0,15 mm
Flexibilidad	Ø 40 mm
Resistencia al deslizamiento	R9
Eficacia declarada al ruido de impacto	≤ 5 dB
Reacción al fuego	C-s1
Conductividad térmica	0,17 W/mk

Tabla 2. Características técnicas del Marmoleum.

Marmoleum es resistente a los ácidos diluidos, aceites, grasas y disolvente convencionales. No es resistente a la exposición prolongada a los álcalis. Tiene propiedades bactericidas.

El producto Marmoleum striato original responde a las exigencias EN-ISO 24011 y la normal EN 14041.

(Forbo flooring system)

**Aplicación:**

Aunque requiere mano de obra especializada, su instalación es simple y rápida (figura 21 y 22). Es importante que sea instalado por un profesional para que tenga una vida útil prolongada. Se necesitan herramientas especiales para llevar acabo el montaje.

1. El suelo sobre el que se instalará el linóleo debe de estar lo más uniforme, nivelado y limpio posible. Cualquier imperfección será evidente en el resultado final. La temperatura de la sala debe de ser regular durante la instalación y 7 días después.
2. Para su correcta instalación es importante empezar por desenrollar el linóleo y volverlo a enrollar en sentido opuesto. De esta forma se elimina la tensión.
3. Se coloca el paño alineado a la pared más larga. Se deja un margen 10cm en los extremos perpendiculares para que suban un poco por la pared. Con un copiador contra la pared se dibuja una línea en el paño.
4. Se debe cortar la superficie sobrante con una cuchilla recta y el grosor con una cuchilla de gancho para deshacernos de los bordes de fabrica del paño y que este se ajuste a los bordes de la pared. En los extremos perpendiculares se repite el proceso.
5. Una vez esta encajado el paño se dobla por la mitad. El adhesivo se extiende desde el encuentro con el paño hasta la pared, y del lado de la pared hasta el ancho del paño. No se puede dejar secar el adhesivo, el paño se debe colocar en su posición inmediatamente se ha extendido el adhesivo.
6. Acto seguido se pasa un rodillo para suelos de unos 68kg. Primero se pasa el rodillo a lo ancho y luego a lo largo para remover cualquier burbuja de aire que haya quedado.
7. Se repiten los pasos 5 y 6 para la segunda mitad del paño.

(Forbo flooring system)



Figura 21. Instalación.

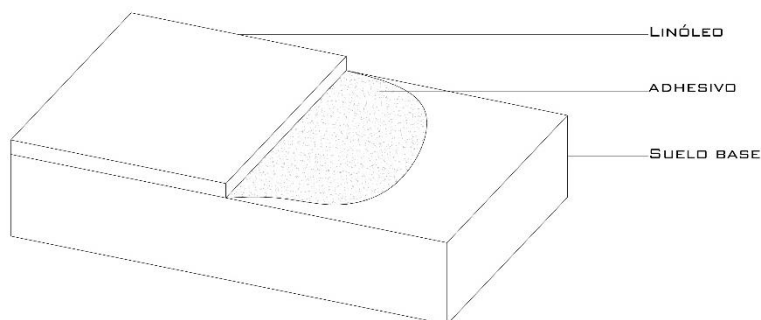


Figura 22. Detalle constructivo del pavimento de Linóleo.

**Ventajas:**

- Fácil mantenimiento.
- Gran variedad de acabados.
- Antibacteriano.
- Es biodegradable y puede ser reciclado al final de su ciclo de vida.
- Es un material muy respetuoso con el medio ambiente al proceder de materias primas orgánicas y ser fabricado con energías renovables.
- Tiene una intensidad de uso alta, lo que lo hace perfecto para suelos muy transitados como colegios o instalaciones deportivas.

**Inconvenientes:**

- Los cambios de temperatura producen una excesiva contracción y dilatación por lo que no se recomienda colocarlo ni en exteriores ni en baños.
- Una exposición continua a la luz solar directa puede hacer que los colores se desvanezcan.
- Puede ser fácilmente dañado por objetos punzantes.



### 3.1 Materiales reciclados

#### 3.1.3 Cubierta. Teja de plástico reciclado.



Figura 23. Teja de plástico reciclado.

Figura 24. Tejado con tejas de plástico reciclado.

**Nombre del producto:** Teja plástica

**Empresa:** RoofEco System SL

#### **Descripción:**

Paneles de teja fabricados (figura 23) a partir de plástico 100% reciclado y nanotecnología, cuyas propiedades especiales permiten desarrollar un producto con un material que ofrece mayor resistencia a la degradación UV, disminuye la transmisión térmica y el eco del ruido. Son tejas más ligeras, 100% impermeables, tejas transitables, sin decoloración y sin necesidad de mantenimiento.

El panel teja Roofeco es un material respetuoso con el medio ambiente por ser fabricado con materiales reciclados y por requerir mucho menos energía durante el proceso de fabricación que la teja de barro convencional.

El material con el que se fabrican las tejas de plástico Roofeco es una formulación de polímeros compuestos con nano partículas de minerales que transforma las propiedades originales de dichos polímeros aumentándoles su capacidad de aislamiento termoacústico y su vida útil.

Estos paneles están diseñados para la autoconstrucción. No requiere tornillo expuesto, ni cemento para su instalación. (figura 24).

Se vende en distintos formatos, panel de teja de 2,25 m<sup>2</sup> o paneles para tejados de 0,61 m<sup>2</sup>. También comercializan tejas translucidas y todas las piezas necesarias para rematar la cubierta. Se venden en 6 colores diferentes.

La Teja RoofEco ganó el premio al mejor producto reciclado en Europa en 2017.

Roofeco System S.L. es una empresa familiar que empezó a producir estas tejas en 1996 en Costa Rica. Surgió a raíz de una problemática, una multinacional no sabía qué hacer con las bolsas que se utilizan para cubrir los racimos de bananos. La respuesta fue transformar esos desechos en tejados e insumos para construcción, a través de la producción de tejas de plástico reciclado. Por cada 20 m<sup>2</sup> de tejas de plástico se limpia una hectárea de plantación bananera. (RoofEco System).

**Uso:**

Cubierta. Pueden ser transitables y aguanta todo tipo de temperaturas. Necesita una pendiente mínima del 17%.

**Proceso de elaboración:**

1. Se separan los plásticos ligeros de los plásticos pesados.
2. Los plásticos son triturados en un molino.
3. Se mezclan los dos tipos de plásticos ya triturados.
4. La mezcla pasa a la siguiente máquina, es la encargada de fundir los distintos tipos de plástico variando constantemente la temperatura.
5. El plástico extruido se deja secar. Una vez esta endurecido y seco, se vuelve a triturar.
6. En una hormigonera se mezclan los granos de plástico reciclado con los minerales añadidos y el pigmento.
7. Esta mezcla se vuelve a fundir y se vacía en el molde que da forma de teja.

**Características técnicas:**

Peso por m2	6,5 kg/m <sup>2</sup>
Temperaturas máximas	-40°C a 50°C
Resistencia a viento	178 km/hora
Resistencia a fuerza de succión	650 6,5 kg/m <sup>2</sup>
Transitable	Si
Pendiente necesaria	17%
Espesor	0,5 cm

Tabla 3. Características técnicas de la teja de plástico reciclado.

Las tejas son aislante térmicas y acústicas. Su resistencia al fuego es mala pero no contribuye a la propagación de este. No necesitan mantenimiento. Roofeco es 7 veces más ligero que el techo de teja tradicional que pesa 44-50kg/m<sup>2</sup>.

(RoofEco System. Catálogo).

### Aplicación:

Su método de instalación es intuitivo. El sistema constructivo está diseñado para el sector "Do it yourself" o DIY (autoconstrucción). Esto permite ahorrar en costes de mano de obra y de tiempo. El sistema de anclaje este patentado por la empresa, utiliza tornillos ocultos. (figura 25).

1. El primer panel que se instala es el panel inferior de una de las esquinas. Este se engancha a la estructura auxiliar de madera.
2. Se atornilla el panel a la estructura auxiliar de madera.
3. Se coloca el segundo panel solapándolo con el primero y repitiendo los pasos 1 y 2.
4. La segunda fila se engancha a la primera mediante un sistema de machihembrado y a la vez a la estructura auxiliar de madera.
5. Se repite el paso 3 con los siguientes paneles.
6. Para finalizar se coloca el cierre anti pájaros, el cierre de cumbrera y la pieza multifuncional de cumbrera. (figura 26). (RoofEco System.Instalación).

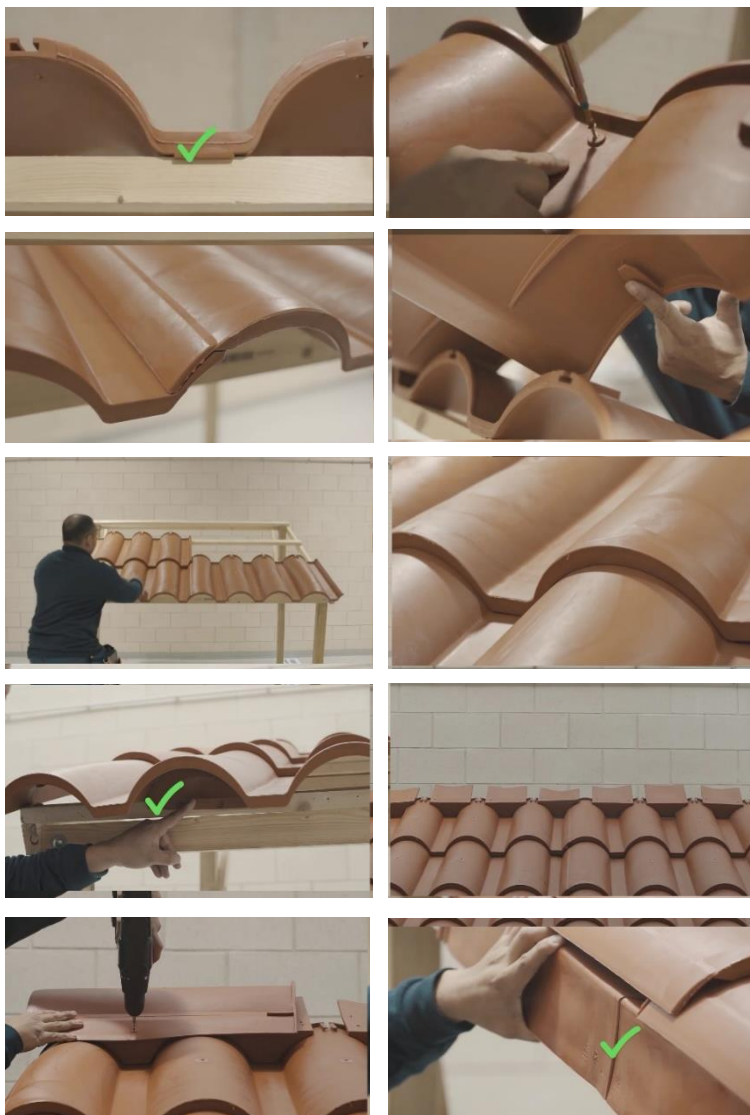


Figura 25. Instalación.

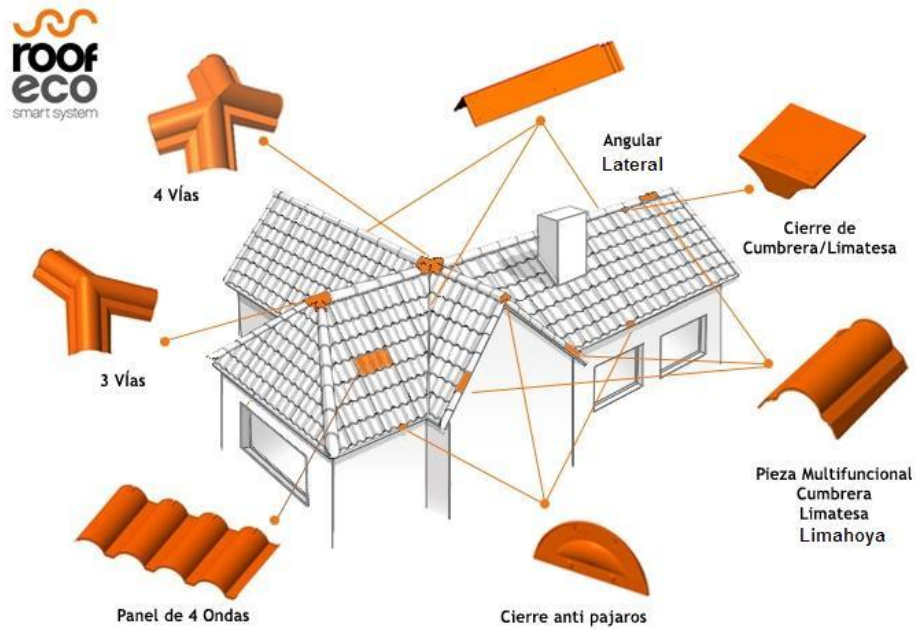


Figura 26. Piezas de accesorio para el tejado.

Al ser una cobertura plástica, imitación de teja, requiere menos estructuras y capas de material (figura 27). Su diseño y tecnología permiten una instalación rápida y segura. Se puede construir con tan solo cuatro capas: estructura de madera, aislante térmico, rastrel y la teja de plástico.

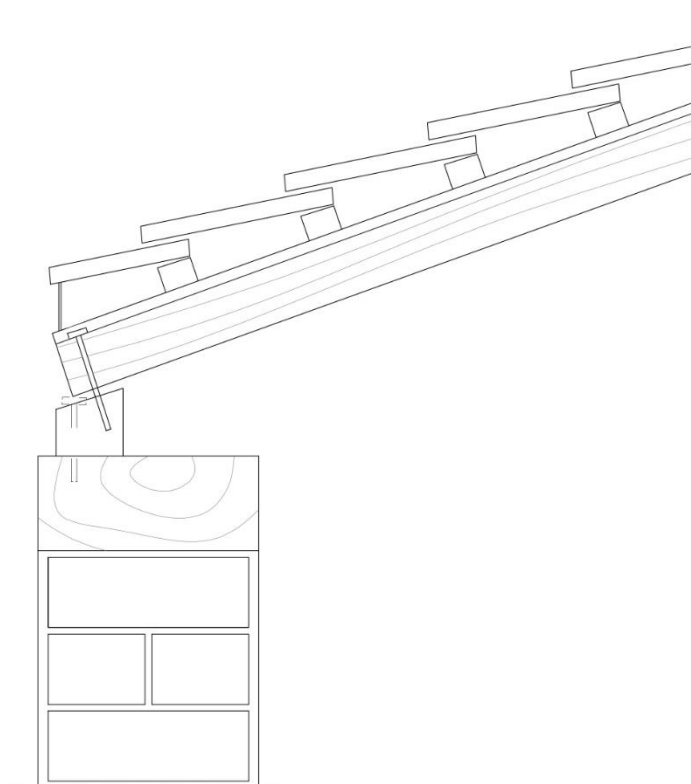


Figura 27. Detalle constructivo del tejado RoofEco.

Este sistema de instalación presenta varias ventajas a comparación de un sistema tradicional (figura 28), que necesita un mayor número de capas, mano de obra especializada y más horas de trabajo.

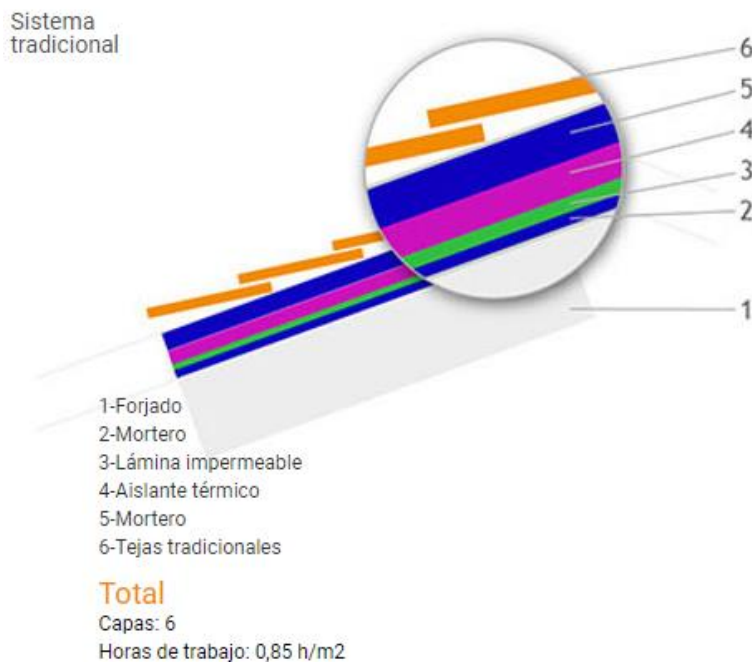


Figura 28. Sistema tradicional.

#### **Ventajas:**

- 100% impermeable, cero posibilidades de filtraciones
- Anti-granizo
- Resistencia y flexibilidad con 5 mm de espesor, recuperan su forma original aunque un vehículo le pase por encima
- Libre de mantenimiento
- Resistente a cambios bruscos de temperatura
- Instalación rápida y sin necesidad de mano de obra especializada
- Cubierta ligera
- Su material permite que las tejas de plástico estén libres de la acumulación de verdín (musgos y hongos) por no ser porosa y por no requerir mortero, también son libres de eflorescencias.
- Se auto-limpian con la lluvia o la nieve aunque el tejado sea de poca inclinación.
- Tejado resistente y transitable, soporta los golpes del granizo más severo sin provocar el más mínimo daño.
- Antisísmico

#### **Inconvenientes:**

- Mala resistencia al fuego

### 3.1 Materiales reciclados

#### 3.1.4 Aislamiento. Celulosa de papel de periódico reciclado



Figura 29. Aislamiento de celulosa de papel de periódico reciclado.

**Nombre del producto:** Aislante de celulosa

**Empresa:** Aislanat

#### **Descripción:**

La celulosa (figura 29) es un aislante natural térmico y acústico realizado a partir de papel de periódico reciclado. Tratado con minerales bóricos. Posee además propiedades ignífugas y antifúngicas

La materia prima utilizada es un 88% procedente de material reciclado y 12% de aditivos. Esta se obtiene a nivel local y tiene distancias de envío a fábrica muy cortas, con la consiguiente reducción de consumo de combustible. Su producción está ligada a la gestión forestal responsable y su proceso de fabricación es el que presenta un menor consumo energético. Los escasos desechos generados durante su producción y aplicación son reciclados y reciclables.

Las sales bórax<sup>4</sup> le otorgan propiedades ignífugas, insecticidas y antifúngicas. En caso de incendio, no se inflama, no propaga llama, no se derrite y no emite ningún tipo de gas tóxico.

Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> ya que la celulosa es básicamente una molécula orgánica. El valor de la energía requerida para su producción, en comparación con la producción del poliestireno o la fibra de vidrio, es de sólo un sexto o un tercio respectivamente

---

<sup>4</sup> El bórax es un mineral que se origina de forma natural en los depósitos de rocas sedimentarias en los largos estacionarios.

La capacidad de desfase térmico, es decir, el tiempo que tarda en transmitir la temperatura de un lado a otro de su grosor, la convierte en un aislante excepcional (desfase térmico: 8-12 horas). Concede protección térmica para todo el año, verano-invierno y una óptima absorción acústica. Está libre de juntas, forma un bloque de masa homogénea, evitando el puente térmico y estanqueidad al viento. Su duración es ilimitada, no se apelmaza, no mengua ni se asienta con el paso del tiempo.

Tiene una alta capacidad higroscópica, regulador natural de ambientes, que aumenta la sensación de confort y crea un clima ambiental sano.

Cumple todas las normativas europeas, incluyendo el mercado CE.

(Aislanat).

#### **Uso:**

Se puede utilizar como aislamiento térmico y acústico en fachadas, tabiques, forjados, soleras y cubiertas.

Puede ser aplicado en todo tipo de superficies, muros y paredes verticales u horizontales de hormigón armado, madera, bloques prefabricados, ladrillos...

#### **Proceso de elaboración:**

1. La fabricación comienza con el papel reciclado. Este se carga a mano en una cinta transportadora.
2. Pasa por una maquina llamada ``mezcladora primaria`` que separa los lotes de papel y los prepara para el corte en tiras. Esta máquina contiene un potente imán para retirar cualquier metal que se pueda encontrar en la materia prima reciclada.
3. El papel pasa a la cortadora que los rompe en trozos de 5cm de longitud.
4. Las tiras se mezclan con ácidos bóricos, un compuesto natural que le otorgan propiedades ignífugas, insecticidas y antifúngicas.
5. Una maquina desfibradora corta las tiras de papel en trozos de apenas 4mm.
6. Como fase final el papel se vuelve a mezclar con más ácidos bóricos.
7. El aislante es sometido a una prueba de seguridad que evalúa la inflamabilidad.
8. El aislante se empaqueta en sacos de 12,5 Kg.

Desde que el papel reciclado se carga en la cinta transportadora hasta que es convertido en aislante, tan solo transcurren 5 minutos.

(Aisleco).

**Características técnicas:**

Conductividad térmica	0,040 W/mk
Aislamiento acústico a ruido Aero (RA)	57 dBA
Absorción de agua (kg/m <sup>2</sup> )	Am = 0,87
Compactación por gravedad	0%
Factor de resistencia a la transmisión de vapor de agua $\mu$	$\mu = 3,5$
Comportamiento eléctrico	Neutro
Capacidad de carga	Nula
Reacción al fuego	Bs2d0
Densidad según ETA	26-65 kg/m <sup>3</sup>
Calor específico	2100 J/kgk
Emisión durante la producción	5 kv/h/ m <sup>3</sup>

Tabla 4. Características técnicas de la celulosa.

La clasificación de reacción al fuego corresponde a la definición de no inflamable. Las sales de boro que se añaden en el proceso de fabricación de la celulosa impiden que se propague el fuego debido a que al entrar en contacto la sal de boro con una fuente de calor, ésta desprende moléculas de agua.

La densidad varía según el uso del producto. (Aislanat).

**Aplicación:**

El aislante puede ser insuflado, proyectado y soplado.

La instalación del aislante mediante el proceso de insuflado consiste en perforar la pared con unos agujeros de un diámetro de entre 19 y 35 mm y mediante una manguera se introduce a presión el aislamiento en el interior de la fachada o tabique. Es un sistema limpio y rápido. Por último, se sellan los agujeros realizados. (figura 30).

El aislante proyectado consiste en aplicar en húmedo el aislante. Es principalmente para obras nuevas. Se puede proyectar en cubiertas, cerramientos y suelos. Una vez proyectado, se nivela con rodillos. (figura 31).

El sistema de soplado se utiliza bajo cubiertas. Se esparce una capa uniforme del aislante por el suelo, de un espesor de unos 15-30 cm. (figura 32).

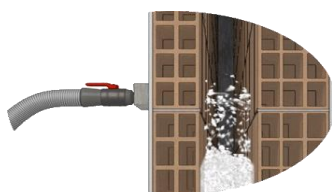


Figura 30. Aislamiento insuflado.





Figura 31. Aislamiento proyectado.

Figura 32. Aislamiento soplado.

(Ecogreenhome. Aislamientos térmicos).

#### **Ventajas:**

- Puede reducir hasta el 54% de la factura de climatización.
- Es permeable al vapor de agua, lo cual evita la creación de bacterias y hongos en el interior de los cerramientos.
- Su aplicación es rápida y segura en obra, no contamina y no emite ningún tipo de gas o sustancia tóxica.
- No se apelmaza, mengua ni asienta con el paso del tiempo.
- Evita puentes térmicos al adaptarse a la geometría sin dejar huecos por lo que reduce las entradas de calor, de frío y ruido, aumentando así la sensación de confort y creando un clima ambiental sano.

#### **Inconvenientes:**

- Tiene una mayor conductividad térmica que la lana de roca (0,038 W/mk), las perlitas EPS neopor (0,033 W/mk) y que la fibra de vidrio (0,035 W/mk).

### 3.2 Materiales reutilizados

#### 3.2.1 Cerramiento y pavimento. Palés de madera

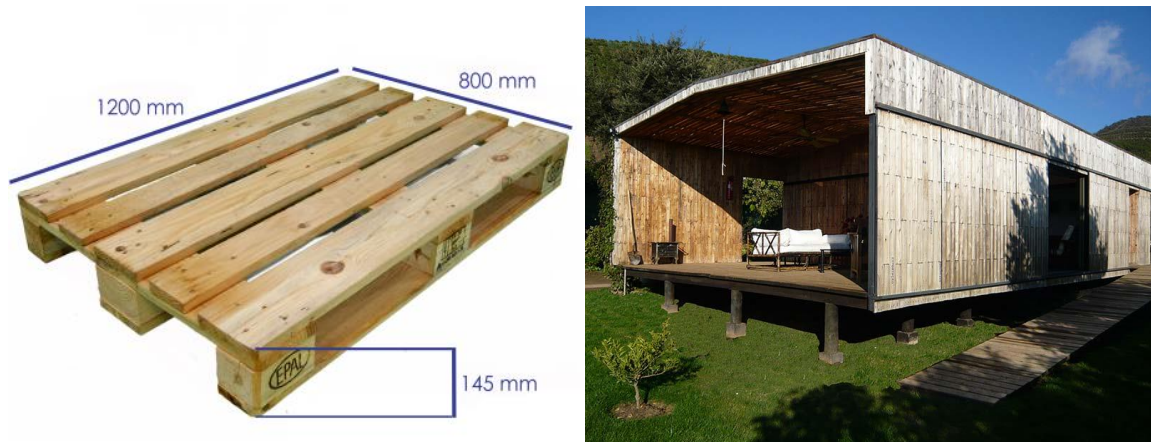


Figura 33. Palé europeo.

Figura 34. Casa construida con palés reciclados.

#### Descripción:

Un palé es un armazón de madera, empleado en el movimiento de carga. Los palés son livianos y resistentes, han sido diseñados para soportar grandes cargas. Por este motivo es un material útil para emplearlo como elementos estructurales en la construcción. Pueden ser descritos como módulos prefabricados. (Soriano, M. 2013).

Existen varios tipos de palés. Siendo lo más populares el europeo (figura 33) y el americano. El palé europeo surge de la necesidad de estandarizar las medidas, las cuales se determinaron a partir de la norma UNE-EN 13698-1 de ámbito europeo. Mide 1200x800x145 mm y pesa 25 Kg y es capaz de soportar de 1000 kg a 4000 kg. Consta de 5 tablas superiores y 3 tablas inferiores.

Los palés están fabricados con madera de pino. La madera de pino tiene cualidades físicas de amortiguación y elasticidad, lo cual es idóneo para soportar sismos. También tiene características aislantes térmicas y acústicas.

Es un material ecológico ya que su materia prima es un recurso renovable. Además, la madera debe de ser certificada PEFC, que significa que proviene de bosques sostenibles. Al final de su ciclo de vida pueden ser reutilizados para construir casas (figura 34), muebles, revestimientos o ser reciclados como materia prima para convertirse en biomasa.

**Uso:**

El palé puede ser utilizado como un módulo prefabricado de fácil ensamblaje en la construcción. También puede ser reutilizado para pavimentos de interiores y exteriores, y para la construcción de muebles.

**Proceso de elaboración:**

1. Obtención de la materia prima. La madera se ordena a los aserraderos. Estos seleccionan los pinos, los talan y cortan en la forma y longitud deseada. Los aserraderos deben certificar que la madera es PEFC.
2. A continuación, se procede al montaje del palé. Generalmente se arman mediante cadena de montaje sencilla. Las tablas que se colocan en la parte superior e inferior del palé se llaman "madera deck" y las que se colocan sobre otras maderas se llaman "listones". Se utilizan pistolas para clavar la madera, estas tienen largas bobinas de clavos para asegurar la gruesa madera deck a los listones. Se arma y asegura con clavos un lado del pallet con una platilla antes de darle la vuelta y clavar el lado contrario.
3. Se procede a tratar el producto para evitar el riesgo de introducción de plagas y enfermedades forestales. Existen dos métodos: aplicar calor hasta los 56°C durante 30 minutos o fumigar con bromuro metílico (prohibido en varios países). Siendo el primer tratamiento mucho más ecológico ya que el Bromuro metílico es una sustancia dañina para el medio ambiente y además el tratamiento debe ser renovado cada dos meses.

(Ideatumismo. Palets).

**Características técnicas:**

Peso módulo	25 kg
Carga soportada	4000 kg
Resistencia a flexión	1057 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	94.000 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a compresión	406 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a tracción	1020 kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 5. Características técnicas del palé de madera.

(Malsarecuperados. Catálogo palets).

**Aplicación como cerramiento:**

1. Antes de comenzar a construir el cerramiento (figura 35), el palé debe de estar protegido con un impermeabilizante.
2. Se coloca la primera hilada de palés en todo el perímetro. Para guiar la ubicación de los palés, se colocan tablas por todo el perímetro. Se clavan a la base.
3. La segunda hilada se clava a la primera. Se puede instalar una tabla de madera entre la junta para que los palés queden más sujetos.
4. Los palés se aseguran mediante una table de madera que recorre el perímetro (figura 36).

5. Para mantener la verticalidad se pueden colocar unas tablas de madera verticales.
6. El aislamiento puede ser un aislamiento natural como la paja de trigo y lechada de barro.
7. Para el revestimiento interior se sugiere utilizar un tablero de virutas de madera como el Ecoplac de 8mm. (figura 37).
8. Como revestimiento exterior se podría utilizar tablas de madera desarmadas de los palés. (Soriano, M. 2013).



Figura 35. Cerramiento de palés.

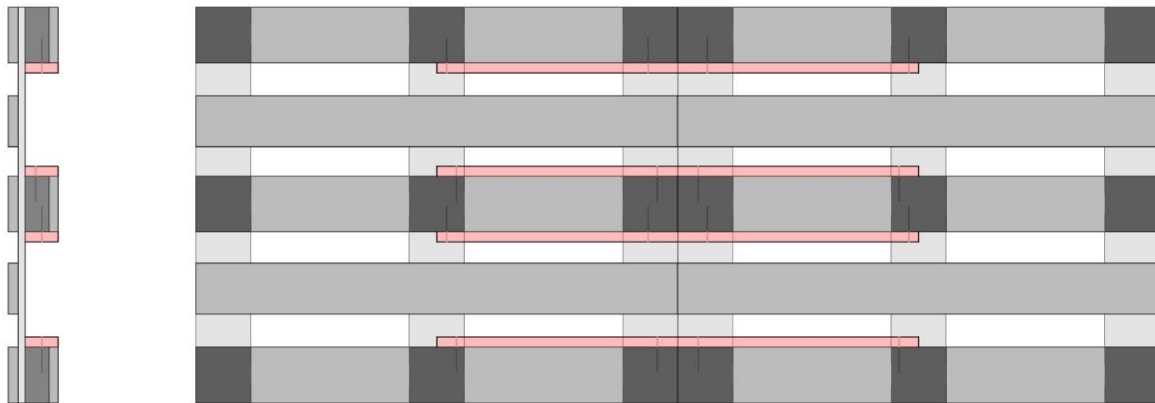


Figura 36. Uniones mediante tablas recuperadas de palés

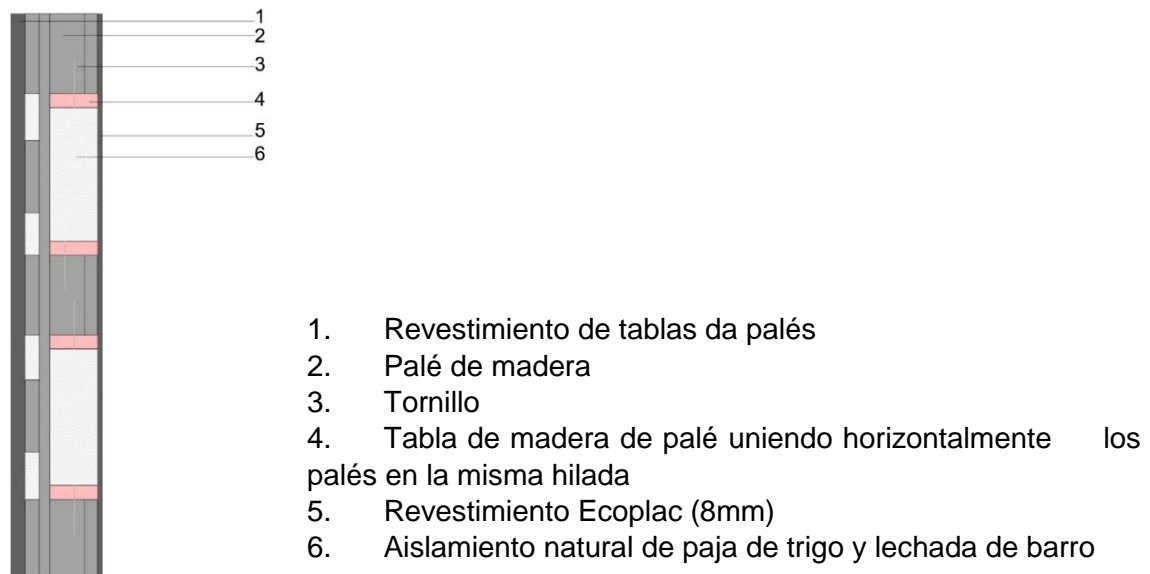


Figura 37. Capas del cerramiento de palés.

### Aplicación como pavimento:

1. El suelo debe de estar nivelado, seco y limpio.
2. Se cubre toda la superficie del suelo con tiras de espuma de polietileno para aislarlo acústica y térmicamente. Las tiras deben de estar bien casadas y deben quedar 10 cm sobre la pared. (figura 38)
3. Ayudados de un martillo y una palanca se extraen las tablas de los palés. Hay que asegurarse de haber retirado todos los clavos.
4. Si se coloca sobre el forjado de hormigón habrá que colocar unos rastreles de madera para clavar las tablas. En el caso de que sea un revestimiento se clavan utilizando un martillo.
5. Se van colocando las tablas reutilizadas por filas. (figura 39)
6. Para cubrir las juntas se hace una mezcla de aserrín, barniz y aguarrás mineral, se aplica con una espátula.
7. Finalmente se lija el suelo de tablas de palés con una pulidora. Tras este proceso se debe de limpiar el suelo con jabón.
8. Se barniza para tener el producto final. (figura 40)

(19bis. Pavimentar con listones de palets)



Figura 38. Extensión de las tiras de polietileno.

Figura 39. Instalación de las tablas.

Figura 40. Pavimento acabado.

### Ventajas:

- Rápida instalación
- Construcción barata para cerramiento y pavimento
- Autoconstrucción
- Sostenible
- Se puede reutilizar o reciclar al final de su ciclo de vida
- Fácil de desarmar

### Inconvenientes:

- Número elevado de palés para construir una vivienda
- Volúmenes grandes
- Construcción pesada
- Cerramiento más complicado de aislar e impermeabilizar

### 3.3 Materiales ecológicos

#### 3.3.1 Cerramiento. Cannabric



Figura 41. Bloque Cannabric.

**Nombre del producto:** Cannabric

**Empresa:** Cannabric

#### **Descripción:**

Cannabric (figura 41) es un bloque macizo para la construcción a base de cáñamo, que se fabrica desde 1999 en Granada. Posee altas prestaciones térmicas, acústicas y bioclimáticas. El bloque de cáñamo ha sido desarrollado para su posible empleo en muros de carga monocapa.

Se fabrica con materias primas naturales (material vegetal, conglomerantes naturales y aglomerantes minerales y de reciclaje). Los componentes minerales del bloque aportan resistencia mecánica, densidad y una elevada inercia térmica.

Los conglomerantes y aglomerantes provienen exclusivamente de materiales naturales como tierras (procedentes de la excavación de cuevas de Guadix), de reducido consumo de energía en su fabricación, que al mismo tiempo poseen propiedades naturales y bioclimáticas.

El componente principal del bloque Cannabric es la parte leñosa del cáñamo, una planta de usos muy versátiles y de rápido crecimiento, cultivada desde milenios. Mejora los suelos, no precisa pesticidas ni herbicidas y todas sus partes son aprovechables.

El Cannabric aprovecha las características aislantes de la cañamiza, su porosidad es superior a otros vegetales leñosos. Además, no es susceptible de ser atacado por

parasíticos debido a la ausencia de nutrientes en su tallo. No hace falta tratar al cáñamo ni en su cultivo ni en el empleo en la construcción.

Los componentes de Cannabric poseen características que crean un clima agradable en la vivienda y un confort acústico elevado. Mantienen el aire limpio y regulan la humedad ambiental por lo cual es importante que los morteros, posibles revestimientos y pinturas sean libres de cemento y de aditivos químicos para permitir la permeabilidad al vapor.

Trabajando con Cannabric en cerramientos y hormigones o prefabricados de cáñamo en soleras y cubiertas, se pueden emplear hasta 10 toneladas de cáñamo en una vivienda de 100 m<sup>2</sup>, 100 kg de cáñamo en cada m<sup>2</sup> construido, reemplazando materiales desfavorables para el medio ambiente.

Aunque está diseñado para tener una vida útil muy larga, con una resistencia creciente si es mantenido como es debido, el material puede ser reciclado al final de su ciclo de vida. El bloque procedente de una demolición puede ser molido y reutilizado para la producción de Cannabric o bien morteros aislantes.

Cannabric posee un GWP de - 0,624 kg CO<sub>2</sub>eq/kg, o sea negativo. Es un material que retiene CO<sub>2</sub> y en su proceso de fabricación no contribuye al calentamiento global.

Las variedades industriales de cáñamo son legales en gran parte de Europa y en un creciente número de países ya que poseen un muy bajo índice de sustancias alucinógenas, presente en la parte floral no en el tallo.

(Cannabric. Catálogo).

#### **Uso:**

Tienen una resistencia mecánica y al fuego que hacen posible su empleo en todo tipo de edificios: viviendas aisladas, anexadas...

El bloque permite su uso en la ejecución de muros estructurales monocapa (3 o más plantas en un muro de espesor de 30 cm) y muros de división con espacio exterior, también puede emplearse en la formación de tabiquerías divisorias en interiores (14,5 cm o 10,5 cm de espesor).

(Cannabric. Catálogo).

#### **Proceso de elaboración:**

Las piezas de Cannabric son macizas, de color tierra y una textura rugosa, no cocidas pero secadas al aire un tiempo mínimo de 28 días, por lo cual son más de poro abierto y consumen poca energía en su fabricación.

1. Criba
2. Dosificación seca y dosificación de agua
3. Prensado
4. Desmoldeo
5. Curado y secado al aire libre

(Ecomaquinas).

**Características técnicas:**

Densidad aparente	1,3 kg/dm <sup>3</sup>
Masa absoluta seca	4,5 -4,7 kg
Resistencia a compresión	13,00 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a flexión	6,10 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al fuego	>RF 120
Conductividad térmica	0,19 W/mk
Transmisión térmica	0,56 W/m <sup>2</sup> k
Calor específico	1,113 J/gk
Absorción de agua	31,5%
Aislamiento acústico a ruido Aero (RA)	54 dBA

Tabla 6. Características técnicas del bloque Cannabric.

El bloque posee cualidades termodinámicas que producen un desfase de 12 h en un muro de 30 cm y contribuyen a la regulación del confort térmico.

(Cannabric. Catálogo).

**Aplicación:**

- Bloque: 30 x 14,5 x 10,5 cm
- Medio bloque: 14,5 x 14,5 x 10,5 cm
- Tres-cuartos bloque: 21,5 x 14,5 x 10,5 cm

Sobre cimientos de hormigón o ciclópea se procede a levantar el muro de carga monocapa de 35cm: (figuras 42,43,44 y 45).

1. Primera hilada compuesta de 2 bloques Cannabric colocada a soga.
2. La segunda hilada se colocada a tizón.
3. Una vez alcanzada la altura deseada realizando los pasos 1 y 2, se procede a enfoscar el exterior con cal hidráulica natural NHL5. El interior se enfosca con cal hidráulica natural NHL3,5.

También son aptos morteros de tierra, o tierra con paja y morteros decorativos con cáñamo. En el interior las pinturas deben ser basadas en silicatos, cal grasa en pasta (hidrato) o vegetales para garantizar máxima permeabilidad al vapor y compatibilidad con el soporte. Se puede dejar incluso a cara vista.





Figura 42. Construcción de una vivienda unifamiliar.

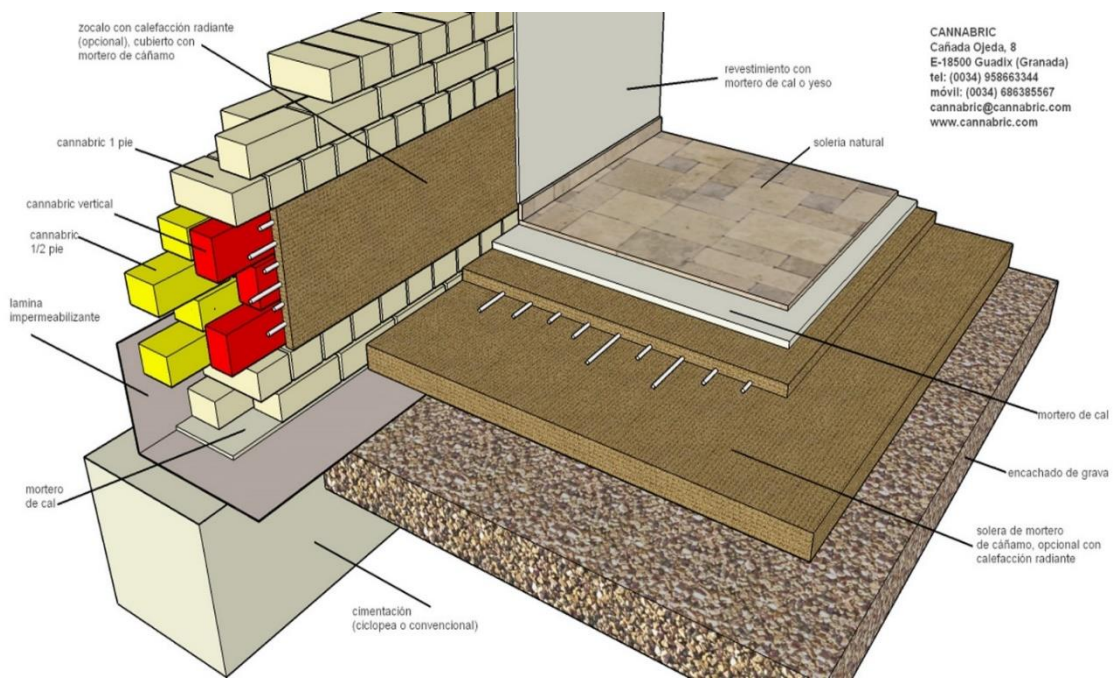


Figura 43. Detalle constructivo.

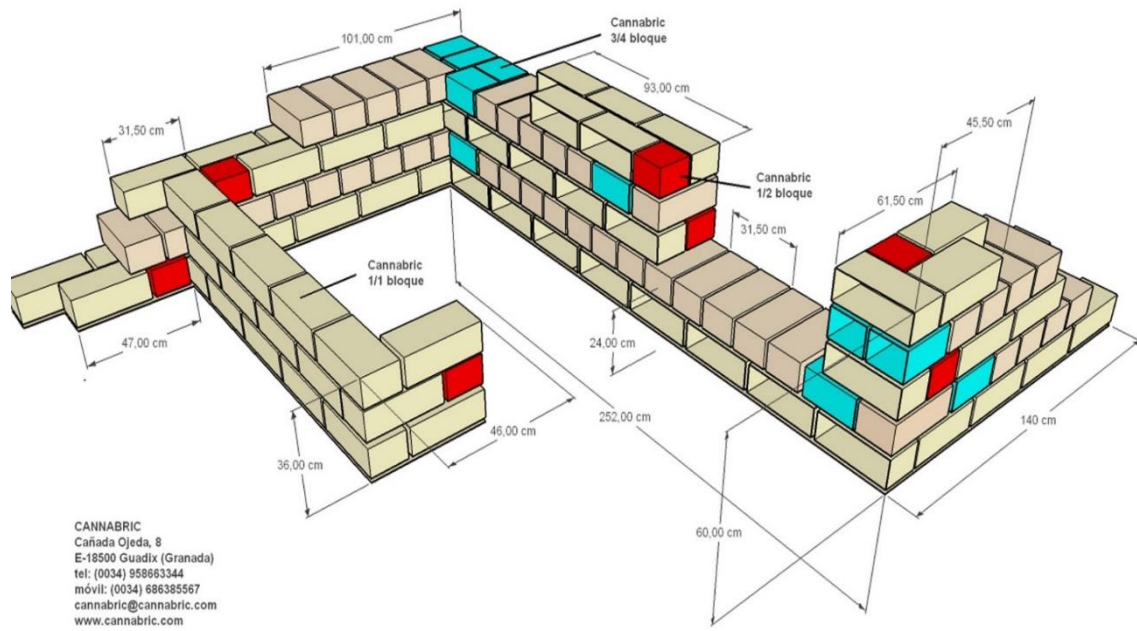
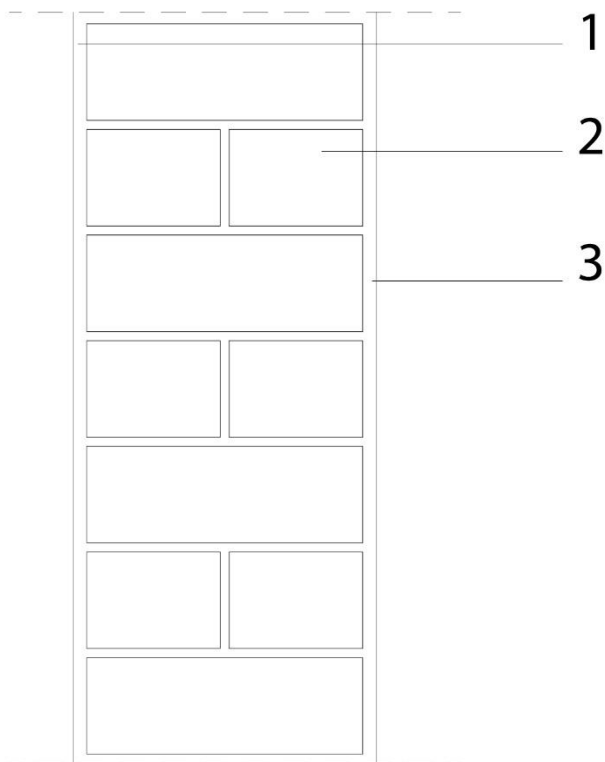


Figura 44. Despiece muro con bloques Cannabric.



1. Enfoscado de cal hidráulica natural NHL5
2. Bloque Cannabric
3. Enfoscado de cal hidráulica natural NHL3,5

Figura 45. Detalle constructivo de un muro con bloques de Cannabric.

### **Ventajas:**

- Altas prestaciones térmicas, acústicas y bioclimáticas que conducen a un importante ahorro energético.
- Protege contra algunos tipos de radiaciones del exterior y reduce campos electromagnéticos.
- El beneficio que supone para el medio ambiente en el cultivo del cáñamo como en su empleo en la construcción. El cáñamo tiene un período de crecimiento corto y una producción/hectárea 4 veces mayor que un bosque de madera por lo que capta más dióxido de carbono.
- La construcción con cáñamo hace posible un secuestro de carbono durante la vida útil del edificio.
- El cáñamo crece en diferentes suelos, climas y altitudes.
- No es susceptible de ser atacado por parasíticos debido a la ausencia de nutrientes en su tallo
- Valores negativos de GWP en Cannabric (-0,624 kg CO<sub>2</sub>eq/kg).
- Los espacios diseñados son más saludables.
- Gracias a las condiciones higrotérmicas el espacio es más confortable.
- Gran calidad y durabilidad.
- Con el empleo de material vegetal en la construcción se puede evitar la sobreexplotación de recursos naturales.
- 

### **Inconvenientes:**

- Mano de obra especializada en Cannabric y materiales de origen natural.

### 3.3 Materiales ecológicos

#### 3.3.2 Pavimento. Bambú



Figura 46. Tabla de bambú.

**Nombre del producto:** Bamboo solida

**Empresa:** Moso

**Descripción:**

Bamboo Solida (figura 46) es una tarima de lama ancha con apariencia muy similar a la madera.

Es una de las tarimas macizas más resistentes y más ecológicas del mercado. La estabilidad de las lamas anchas permite tener un sistema de fijación con clic que facilita una instalación flotante, rápida y sin cola. El producto está disponible en una gran variedad de configuración de estilos y colores.

Este producto consta de una dureza y densidad superior a las maderas más duras, es recomendable incluso en aplicaciones de alto tránsito. Además, es antiestático y antialérgico, proporcionando un ambiente interior saludable.

Fabricado a partir de la especie de bambú que más rápido crece denominada “Moso”, conocida por su absorción de CO<sub>2</sub> y capacidad de producción de O<sub>2</sub>. Con una velocidad de crecimiento de hasta 1 metro por día, el bambú Moso es la planta de mayor crecimiento de la tierra. Procede de bosques y plantaciones gestionados de manera sostenible. Como es una especie de hierba gigante, numerosos tallos pueden ser cosechados cada año sin matar a la planta madre, no hay necesidad de replantación.

Está certificado como CO<sub>2</sub> neutro. También está certificado por LEED Y BREEAM.

Si se mantiene bien se puede reutilizar al final de su ciclo de vida o reciclar como materia prima para otro producto.

El producto cuenta con una garantía de 30 años. (Moso. Bamboo Solida. Catálogo).

**Uso:**

El bambú es un material muy versátil. Sus usos son:

- Pavimento
- Vigas macizas
- Cerramiento (quincha)
- Panel monocapa
- Chapa
- Revestimiento de tiras de bambú con un revestimiento textil en el revés

**Proceso de elaboración:**

Todos los parkés de bambú MOSO® se producen en fábricas certificadas ISO 9001 e ISO 14001 (certificaciones de calidad importantes).

1. Se cosechan las cañas de bambú, estas se pueden cosechar cuando tienen 4-5 años de vida.
2. Se sierran en forma longitudinal eliminando la corteza exterior.
3. Se vaporizan las tiras para quitarles su color original amarillo claro y que adquieran un color marrón claro (tostado).
4. Las tiras se dejan secar.
5. Las tablas son ensambladas. Pueden ser encoladas de manera horizontal, vertical o density. El proceso density consiste en encolar las fibras de las tablas de bambú y prensarlas a una muy alta presión. De esta manera resulta un producto final con una dureza superior a todas las maderas existentes. Además, este proceso le otorga una apariencia muy parecida a la madera.
6. El aspecto final de madera se consigue pasando las lamas por grandes rollos que imprimen el típico veteado de la madera de manera aleatoria.
7. Otro tratamiento consiste en aserrar en el sentido perpendicular de la lama para dar un aspecto envejecido

(Moso. Bamboo Solida. Catálogo).

**Características técnicas:**

Medidas de la lama: 1850x137x14 mm

Densidad (capa superior)	1050 kg/dm <sup>3</sup>
Dureza	>9,5 kg/mm <sup>2</sup>
Reacción al fuego (clase)	Cfl-s1
Conductividad térmica	0,19 W/mk
Resistencia térmica	0,0549 m <sup>2</sup> k/W
Clase de uso	Clase 1

Tabla 7. Características técnicas de Bamboo Solida.

(Moso. Bamboo Solida. Ficha técnica).

### Aplicación:

1. Para aclimatar el producto se debe dejar en la habitación a instalar 48 horas antes. La superficie debe de ser estable, porosa y limpia.
2. Colocar la primera tarima en la parte de la izquierda de la habitación con la unión macho contra la pared.
3. Colocación de la segunda tarima por el lado testa. Se inserta el macho con un ángulo de 45° grados y se presiona hacia el suelo.
4. La segunda fila se coloca empezando por la ultima tarima instalada de la primera fila. Las tarimas de esta fila se deben de colocar desalineadas si se quiere conseguir el efecto a "tablas".
5. Las tarimas se juntan con pequeños golpes utilizando un martillo.
6. Antes de colocar la última fila se debe de medir el espacio que queda y cortar si es necesario. (figura 47)

El suelo de bambú (figura 48) posible utilizarlo con suelo radiante.

(Moso. Bamboo Solida. Ficha técnica).

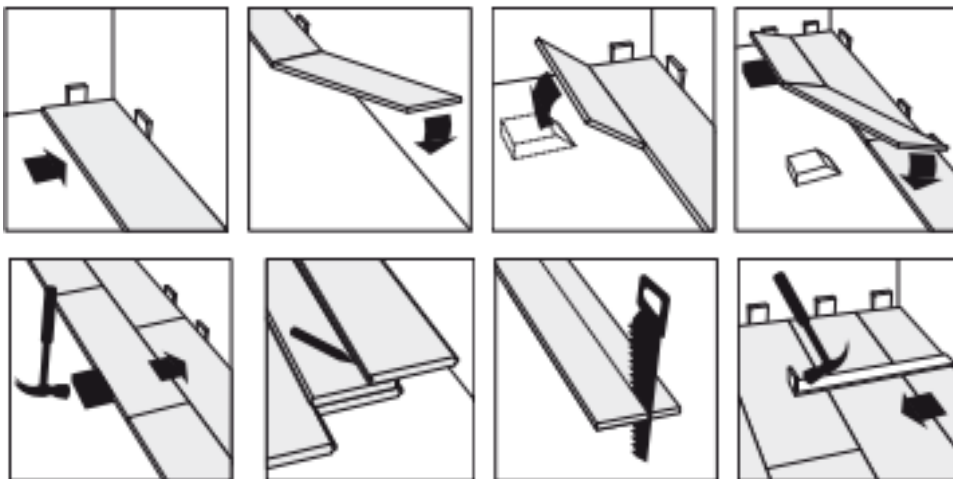


Figura 47. Instalación.



Figura 48. Suelo de bambú.

**Ventajas:**

- Gracias a la composición del prensado de la fibra, se dilata y contrae menos que otras especies de madera maciza.
- Suelo saludable al ser antialérgico
- CO<sub>2</sub> neutro.
- Pavimento muy duro.
- Su materia prima es un recurso renovable.
- Puede ser reutilizado o reciclado al final de su ciclo de vida.
- Fácil y rápido de instalar.
- Fácil de mantener.

**Inconvenientes:**

- Muy susceptible a la humedad que hace que aumente su volumen.
- Las marcas de rasguños se quedan fácilmente.

### 3.3 Materiales ecológicos

#### 3.3.3 Cubierta. Teja de madera



Figura 49. Tejas de madera.

**Nombre del producto:** Shakes

**Empresa:** Tejas de madera

**Descripción:**

Teja artesana de madera (figura 49). Solución idónea como cubierta ecológica. Las tejas se fabrican de manera manual, no están sujetas a ningún procedimiento industrial.

Se comercializan dos tipos de tejas: las ``shingles`` y las ``shakes``. La teja shingle se fabrica con cedro que procede de Canadá. Estas tejas sí que se fabrican de forma más industrial que las shakes. El tronco de cedro rojo se pasa una sierra enorme circular que lo corta a lonchas. La máquina esta calibrada para que la pieza disminuya de grosor.

(Harding, M. 2010).

Las tejas a ser objeto de análisis son las shakes. Son más antiguas y artesanas. Al igual que las shingles, se fabrican con cedro rojo de Canadá, cedro de gran calidad. Esta madera es perfecta para el uso en exteriores. Puede aguantar temperaturas extremas.

El corte elaborado en el proceso de fabricación es a radial, que garantiza la estabilidad a largo plazo, la fibra es 100% recta.

El tejado con tejas de madera es más resistente a rotura y a las tormentas que los tejados de teja cerámica o pizarra.

Son tejas 100% natural, sostenibles y al final de su ciclo de vida pueden ser reutilizadas o recicladas. Su materia prima procede de un recurso renovable.

(Tejas de madera. Shakes).



### Uso:

Se puede usar tanto en cubierta como en fachadas en forma de revestimiento (llamadas tejuelas de madera).

### Proceso de elaboración:

1. Se corta el tronco en una sección de largo como la teja. La sección debe de ser de fibra recta, con pocos nudos y debe de estar limpia. (figura 50).
2. Se corta el tronco en cuatro trozos. (figura 51).
3. De cada trozo hay que separar la albura y la corteza del duramen. (figura 52).
4. Para crear la teja, se corta el trozo seleccionado en piezas de 1cm. (figura 53).
5. Una vez se obtiene la teja en bruto se procede al ``trimming``, limpiar los lados, moldeándolos y dándoles una forma más regular usando un hacha ligera.
6. Para terminar, se rematan las caras de la teja usando un ``drawknife``. Esta herramienta se utiliza para nivelar la madera mediante una hoja afilada (figura 54) para finalmente obtener el producto final. (figura 55).

(Harding, M. 2010).



Figura 50. Tronco de la longitud de la teja.

Figura 51. Corte del tronco en 4 piezas.



Figura 52. Separación de la albura y la corteza del duramen.

Figura 53. Corte de las tejas.



Figura 54. Acabado utilizando la herramienta `drawknife`.

Figura 55. Producto final

### Características técnicas:

Pendiente de cubierta mínima	20%
Densidad aparente (al 12% de humedad)	0,37 kg/m <sup>3</sup>
Dureza	1.3. Madera blanda
Coefficiente de contracción volumétrico	0,32 %. Madera estable.
Resistencia a flexión estática	530 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a compresión	310 Kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	80.000 kg/cm <sup>2</sup>

Tabla 8. Características técnicas de la madera de cedro.

La madera de cedro rojo es una madera de muy buena calidad. Tiene un olor característico debido a la resina que emana de su interior, esto la hace resistente al ataque de hongos e insectos.

(Maderasmedina. Propiedades del cedro rojo).

### Aplicación:

La instalación de las tejas shakes requiere de mano de obra especializada. Exige un conocimiento artesanal, se debe entender la teja, el comportamiento de la madera y como manipularla.

Las tejas se instalan sobre rastreles, en modo de hiladas para crear una superficie continua y resistente a la penetración de agua. Por encima de los rastreles debe de colocarse una lámina impermeable. (figura 56).

1. Se instala las tejas sobre rastreles de madera horizontales de 2-3 cm de profundidad y 10 cm de ancho. De esta forma se crean pequeñas cámaras de aire circulante. La ventilación permite que las tejas sequen antes.

2. Se colocan primero las tejas de la hilada inferior con clavos de acero inoxidable. Al ser la parte por la que desagua el tejado, se instalan 3 capas de tejas a modo de protección.
3. Una vez se instalan todas las hiladas, se procede a rematar el tejado con piezas especiales.

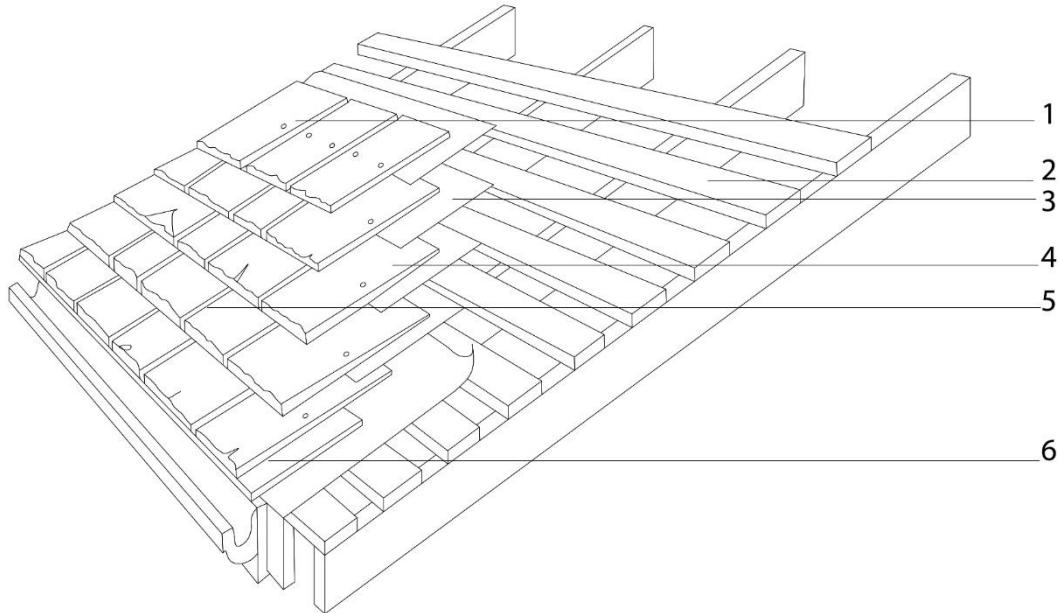


Figura 56. Instalación de las tejas

1. Clavos inoxidables.
2. Rastrel de madera
3. Lámina impermeable
4. Teja de madera
5. Hueco de mínimo 5 mm para que las tejas se puedan dilatar
6. Primera hilada con 2 o 3 capas de tejas de madera.

(Harding, M. 2010).

#### **Ventajas:**

- Material ecológico. La madera es un recurso renovable.
- Puede reciclarse o reutilizarse al final de su ciclo de vida.
- Más resistencia que una teja cerámica o de pizarra.
- Buena actuación en temperaturas extremas.
- Su fabricación artesanal no contamina.
- Madera ligera, duradera y estable.

#### **Inconvenientes:**

- Mala resistencia al fuego

### 3.3 Materiales ecológicos

#### 3.3.4 Aislamiento. Panel de corcho aglomerado



Figura 57. Aglomerado de corcho expandido.

**Nombre del producto:** Aglocork Térmico

**Empresa:** Barnacork, S.L.

#### **Descripción:**

Los paneles de corcho aglomerado (figura 57) son unos paneles aislantes 100% naturales. Entre todos los materiales ecológicos, el corcho es el que mayor capacidad aislante tiene.

La función natural del corcho es proteger las partes vivas del árbol que lo genera. Su estructura alveolar, el bajo contenido en agua y la falta de conductividad de sus compuestos le permiten cumplir su función de aislante de forma efectiva.

También es un excelente aislante acústico. Su estructura celular actúa como amortiguador en la transmisión de las ondas sonoras, proporcionando excelentes valores de atenuación tanto en la corrección acústica como en la reducción de ruidos aéreos y de percusión.

Los paneles de corcho aglomerado son un producto de corcho natural que ha sufrido un proceso térmico de tostado. Esta operación permite la conformación del material en placas de forma totalmente natural sin necesidad de ningún aditivo químico. El proceso de tostado incrementa las prestaciones aislantes del corcho. La célula expande, aumenta de volumen y mejora las características térmicas y acústicas.

Además, el corcho presenta una propiedad única, es capaz de aislar y al mismo tiempo permitir la transpiración entre las superficies aisladas. Esta propiedad evita la aparición de condensaciones, manchas de humedad, de mohos y bacterias.

Este material se puede reciclar al final de su ciclo de vida. Puede ser utilizado como materia prima para otros aislantes térmicos. El corcho presenta solo un 8% de agua.

Por esta razón es inatacable por organismos. Nunca se pudre. Es resistente a la intemperie. Su estructura celular se adapta a los cambios climáticos. Por estos motivos se garantiza un largo ciclo de vida.

(Barnacork.Catálogo).

**Uso:**

Los paneles de corcho aglomerado se pueden utilizar como aislamiento térmico para cubiertas, como aislante acústico y térmico para pavimentos y fachadas.

**Proceso de elaboración:**

1. El corcho se extrae de manera natural, de esta forma no se daña al árbol, que regenera completamente su corteza en pocos años.
2. El corcho natural se tritura y pasa a los moldes de cocción.
3. Una vez en el molde se inyecta vapor de agua a 360°C. La célula expande, aumenta de volumen y mejora las características térmicas del mismo. Se produce la fusión de la suberina, un biopolímero presente en la estructura celular del corcho que actúa como aglutinante y permite la conformación del material en placas de forma totalmente natural sin necesidad de ningún aditivo químico.
4. Los bloques de corcho se dejan estabilizar durante 30 días a la intemperie.
5. Se escuadran y laminan al grosor necesario.

(Barnacork.Videos).

**Características técnicas:**

Densidad (según espesor del panel)	100-120kg/m <sup>3</sup>
Conductividad térmica	0,037-0,040 W/mk
Calor específico	1,67 kj/kg°C
Resistencia a flexión	0,2 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a compresión	1,8 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción	0,94 kg/cm <sup>2</sup>
Sonidos de impacto	40 dB
Ruido aéreo	35 dB
Temperatura de utilización	-200°C -130°C
Resistencia al fuego	Clase E y B2

Tabla 9. Características técnicas del panel de corcho aglomerado.

Las placas de corcho expandido absorben las ondas de choque producidas sin trasladarlas a las estructuras adyacentes.

(Barnacork.Catálogo).

### Aplicación:

Grosores: 30 mm - 100mm

1. El panel de corcho se fija a la cubierta con un adhesivo deformable de cal natural pura NHL 3.5. Este adhesivo es un producto natural, ecológico y altamente transpirable. Presenta una elevada capacidad de evaporación y baja absorción capilar. La mezcla es fácil de extender y de rápida aplicación, es idónea para colocar de forma natural revestimientos con baja absorción de agua. (figura 58)
2. Los paneles también se fijan mediante clavos y tacos plásticos de 10 mm de diámetro y diferentes longitudes. para fijar las placas aislantes al soporte. (figura 59)



Figura 58. Instalación de los paneles de corcho.

Figura 59. Capas de una cubierta inclinada con paneles de corcho aislantes.

(Barnacork.Catálogo).

### Ventajas:

- Presenta una resistencia al paso del calor 30 veces superior a la del hormigón
- Producto 100% natural.
- Excelente aislamiento acústico y térmico.
- Inatacable por organismos.
- Nunca se pudre.
- Es resistente a la intemperie.
- Garantizado un largo ciclo de vida.
- Al final de su ciclo de vida puede ser reciclado.
- Fácil y rápido de instalar.

### Inconvenientes:

- Necesita un recubrimiento para mejorar su actuación frente al fuego.
- Se debe evitar la exposición directa de luz solar.

#### 4. PROPUESTA DE VIVIENDA

Tras el análisis de los materiales se propone una vivienda sencilla construida con dichos materiales. Para la selección de los materiales se ha utilizado el criterio de selección introducido en el apartado 3. Además, se han tenido en cuenta las prestaciones de todos los materiales para escoger los más idóneos.

Como cerramiento se decide escoger el bloque de Cannabric. Este bloque ecológico es un gran aislante térmico y acústico. Está fabricado con materiales orgánicos y su fabricación es respetuosa con el medio ambiente. Cuenta con muchos beneficios: protege contra algunos tipos de radiaciones del exterior y reduce campos electromagnéticos, secuestra carbono durante la vida útil del edificio, cuenta con valores negativos de GWP, sus condiciones higrotérmicas crean espacios más saludables y confortables. Además, al final de su ciclo de vida puede ser reciclado.

Aunque el ladrillo PET tiene una menor conductividad térmica (0,18 W/mk) que el Cannabric, no puede ser utilizado en cerramientos portantes. Otro gran inconveniente del ladrillo PET es la utilización de cemento como materia prima, material de construcción más contaminante que existe por su fabricación. No se fabrica con materiales 100% reciclados y al final de su ciclo de vida no puede ser reciclado.

El cerramiento con palés de madera se descarta al necesitar de varios materiales para poder conformar un cerramiento aislante. Pese a que la instalación es rápida, la construcción con palés origina grandes volúmenes para tratarse de una autoconstrucción.

El pavimento escogido es el pavimento de Bambú. Es una de las tarimas más resistentes y ecológicas del mundo. La razón por la que se escoge el bambú y no el linóleo, a pesar de ser un suelo con grandes prestaciones, es por su materia prima y fabricación.

El Bambú se fabrica a partir de cañas de bambú que tiene una velocidad de crecimiento de hasta 1 metro por día, el bambú Moso es la planta de mayor crecimiento de la tierra. Procede de bosques y plantaciones gestionados de manera sostenible. Su fabricación es mucho más sencilla que la del linóleo y ayuda a rebajar los niveles de carbono.

Si bien el linóleo es un pavimento con menor conductividad térmica y una alta clase al tráfico comercial, su producción conlleva al uso de más materia prima. Su elaboración consta de más pasos que la del bambú. Más materia prima transportada y una producción más pesada resulta en un material más contaminante comparado con el bambú.

Para la cubierta se utilizarán las tejas de plástico 100% reciclado de RoofEco System. Estas tejas están fabricadas a partir de un material reciclado y pueden ser recicladas al final de su ciclo de vida.

Las tejas de madera son un material ecológico y su producción artesanal no contamina. Sin embargo, la cubierta que constituye necesita más capas para garantizar el aislamiento e impermeabilización.

La cubierta con tejas RoofEco es una buena elección ya que con su instalación patentada tan solo se necesita una estructura auxiliar de madera, rastreles y las tejas. Su producción contribuye a la reducción de residuos.

Como aislamiento térmico se utilizarán paneles de corcho Aglocork Térmico entre la cubierta y las tejas de plástico. Estos paneles de corcho expandido son un producto 100% natural. Es el aislante idóneo para utilizar junto con las tejas RoofEco. Este producto es ecológico, su materia prima proviene de un recurso renovable y al final de su largo ciclo de vida puede ser reciclado. Es un excelente aislante acústico y térmico, inatacable por organismos, nunca se pudre y es muy resistente a la intemperie. Al final de su ciclo de vida puede ser reciclado.

Aunque la celulosa de papel de periódico reciclado es un aislante térmico excepcional, para la solución de cubierta escogida el panel de corcho aglomerado consta de una instalación más idónea.

La vivienda se compone sobre una cimentación ciclópea de hormigón de cal NHL5 y piedras calizas. La solera de mortero de cáñamo recibe al pavimento de bambú que no necesita ningún tipo de adhesivo ni mortero para ser instalado. El cerramiento monocapa de Cannabric de 30 cm se enfosca con cal hidráulica natural NHL5 a ambos lados. La estructura de madera de la cubierta se apoya en un zuncho de madera. Las carpinterías se escogen de madera. Las tejas de plástico reciclado coronan la vivienda junto con los paneles de corcho aglomerado como aislante térmico.

La vivienda propuesta en una vivienda de 72 m<sup>2</sup>. Cuenta con dos dormitorios, un baño y una cocina-salón-comedor. De apariencia modesta, exterior enfoscado y cubierta a dos aguas.

A continuación, se adjunta la planta, alzado y sección constructiva. (figuras 57 y 58).



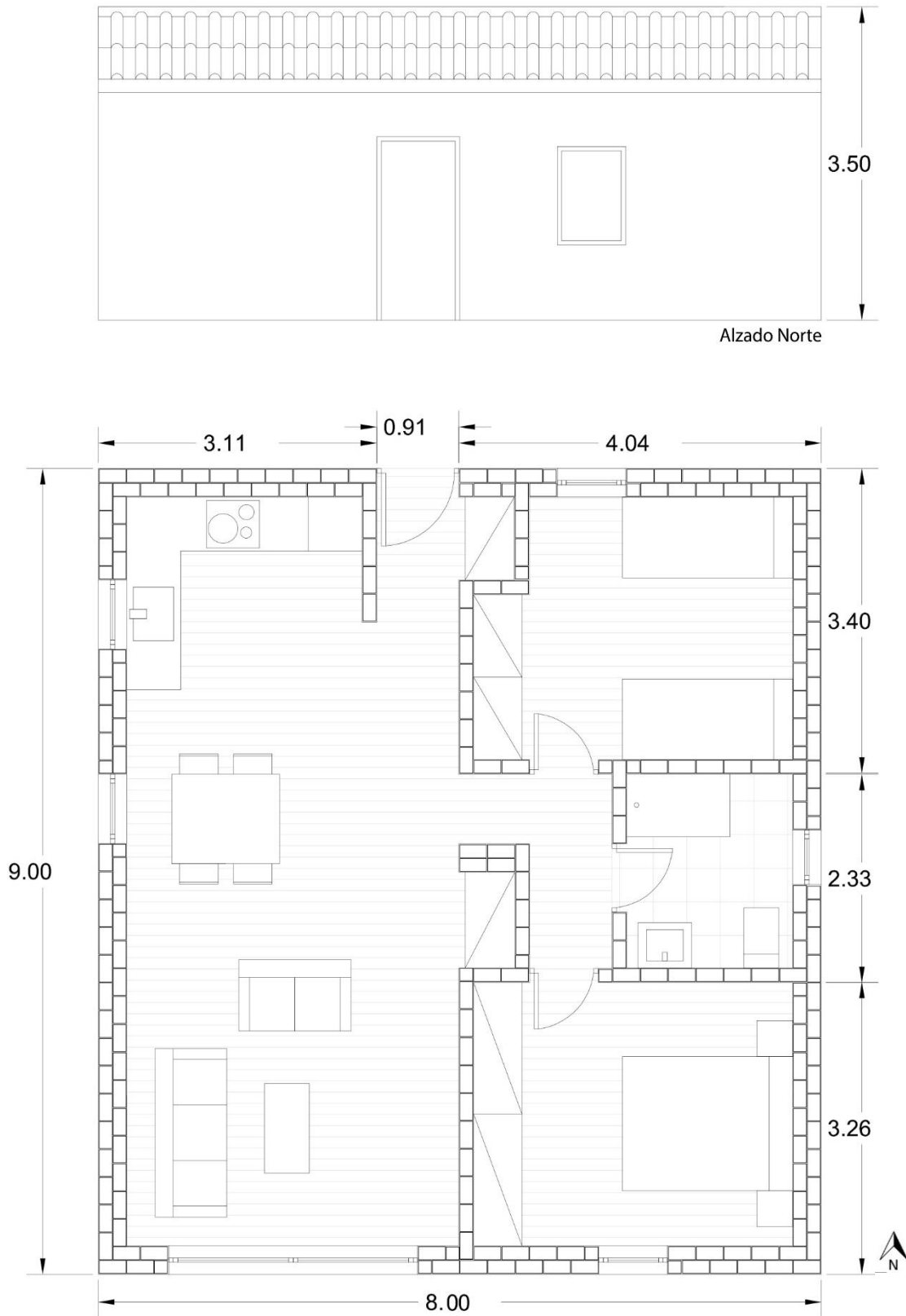


Figura 60. Planta y alzado de la vivienda propuesta.

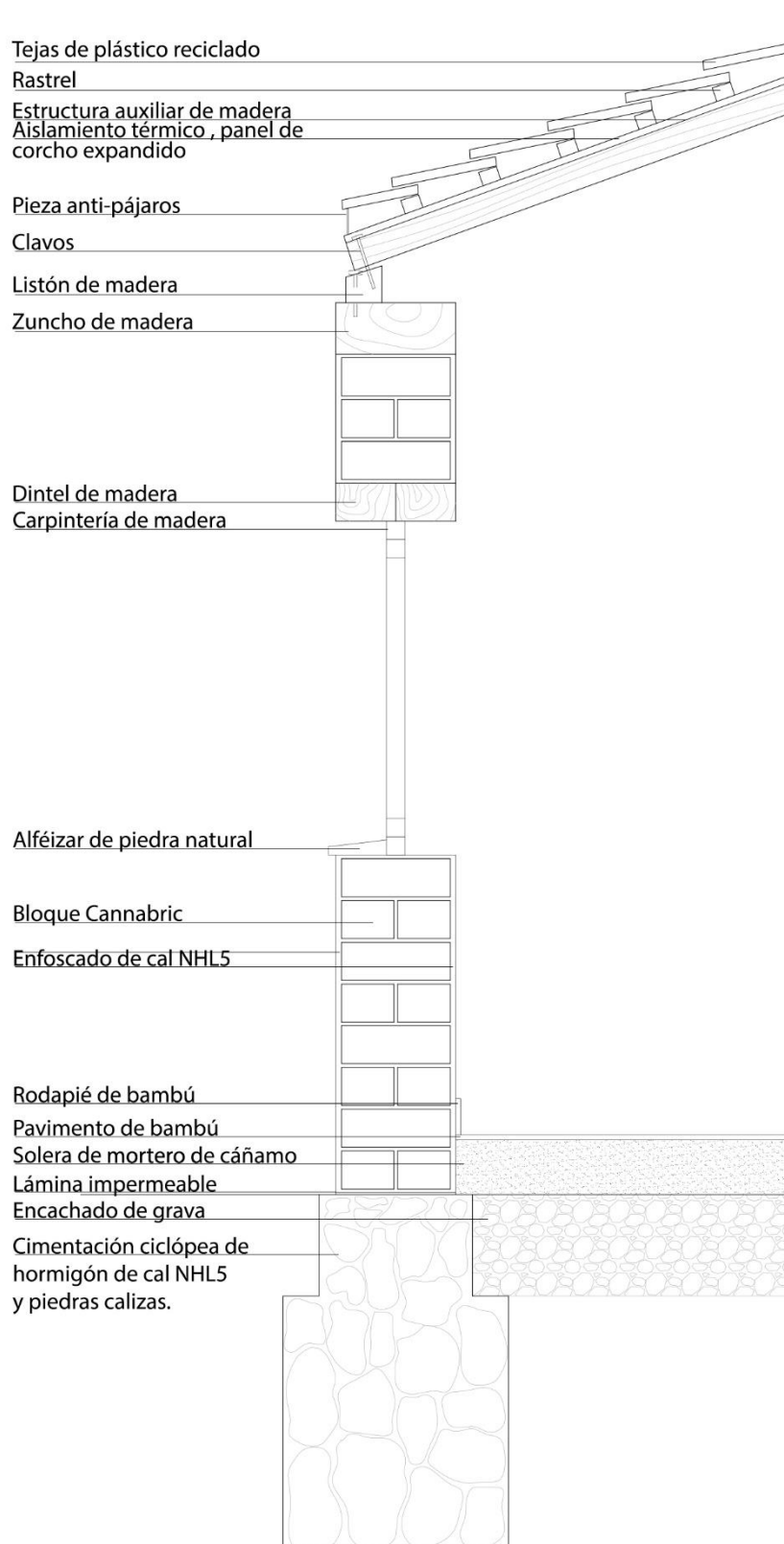


Figura 61. Sección constructiva. E: 1/20.

## 5. CONCLUSIONES

Con este trabajo se ha analizado el tema de la arquitectura sostenible y se han determinado unos cambios con el fin de poder aportar una solución al consumo energético y contaminación que produce el sector de la construcción.

Estudiado que existe un problema nos hemos podido concienciar del cambio que se necesita en la arquitectura. Adentrándonos en el mundo de la arquitectura sostenible hemos podido observar la gran diversidad y versatilidad que existe de materiales, construcciones y arquitectos. Hemos podido deshacernos de los mitos que acechan a la arquitectura sostenible, una que sólo puede existir en países en vías de desarrollo, que es de bajo coste y que se tiene que autoconstruir.

Con el análisis de materiales y la investigación realizada en el sector de los materiales sostenibles se ha dado a conocer la amplia gama de productos comercializados y la infinidad de alternativas que existen a las construcciones habituales.

Con el estudio realizado a cada material se ha revelado su procedencia para conocerlo y entenderlo y sus usos y aplicaciones para tener una base sobre la que poder decidir si el material es el idóneo para la función deseada.

Se han analizado alternativas constructivas con diferentes materiales para soluciones de cerramientos, pavimentos y cubiertas, así como aislamientos para estas soluciones.

Finalmente se ha demostrado la aplicación de algunos de los materiales analizados con la propuesta de la vivienda sostenible.

## 6. FIGURAS

### Apartado 2. Arquitectura sostenible.

**Figura 1.** Niveles de CO<sub>2</sub> en la atmosfera y aumento de la temperatura de la superficie de la tierra. Recuperado de <http://www.ipcc.ch/report/graphics/index.php>

**Figura 2.** Consumo energético por sector en España y en la Unión Europea. Recuperado de: <https://blogs.publico.es/econonuestra/2014/11/17/consumo-y-derroche-de-energia-en-el-planeta-podemos-resistir/>

**Figura 3.** Principios básicos de diseño de una earthship. Recuperado de <https://www.earthshipglobal.com/design-principles/>

**Figura 4.** Principios básicos de diseño de una earthship. Recuperado de <https://www.earthshipglobal.com/design-principles/>

**Figura 5.** Construcción de los muros para una escuela sostenible en Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <https://www.earthshipglobal.com/some-of-our-previous-projects/>

**Figura 6.** Simple Survival Earthship in Haiti. Recuperado de <https://www.earthshipglobal.com/we-build-earthships>

**Figura 7.** Hut Earthship in Honduras. Recuperado de <https://www.earthshipglobal.com/we-build-earthships>

**Figura 8.** Michael Reynolds building with natural and repurpose materials. Recuperado de <https://www.earthshipglobal.com/design-principles/>

**Figura 9.** Waybee Earthship. Recuperado de <https://www.earthshipglobal.com/eco-nightly-rentals/>

**Figura 10.** Ban, S. (1995). Paper Log Houses-Kobe,Japan. Recuperado de [http://www.shigerubanarchitects.com/works/1995\\_paper-log-house-kobe/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/1995_paper-log-house-kobe/index.html)

**Figura 11.** Ban, S. (2000). Japan Pavillon-Hannocer,Germany. Recuperado de [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2000\\_japan-pavilion-hannover-expo/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2000_japan-pavilion-hannover-expo/index.html)

**Figura 12.** Ban, S. (2016). Vin Sante + N House-Tokyo, Japan. Recuperado de [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2016\\_Sante/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2016_Sante/index.html)

### **Apartado 3. Análisis de materiales de construcción reciclados, reutilizados y ecológicos.**

**Figura 13.** Ciclo de vida de un material.

Elaboración propia basada en Calkins, Meg. (2009). Materials for sustainable sites.

**Figura 14.** Certificación de arquitectura ecológica LEED.

Recuperado de <https://www.certificadosenergeticos.com/la-calidad-del-aire-interior-en-la-certificacion-leed-de-edificios>

**Figura 15.** Certificación BREEAM.

Recuperado de <https://stridetreglown.com/whats-different-breeam-uk-new-construction-2018/>

**Figura 16.** Gaggino, R. (2008). Ladrillo prefabricado con plástico reciclado.

Recuperado de <http://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/446/955>

**Figura 17.** Detalle constructivo de un cerramiento de hoja simple con ladrillos reciclados y revoco a ambos lados.

Elaboración propia.

**Figura 18.** Gaggino, R. (2008). Cerramiento con ladrillo prefabricado con plástico reciclado y cerramiento con ladrillo prefabricado con plástico reciclado con revoco.

Recuperado de <http://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/446/955>

**Figura 19.** Forbo. Instalador de forbo aplicando adhesivo en Marmoleum.

Recuperado de <http://forbopavimentos.blogspot.com/2012/10/los-mejores-adhesivos-para-suelos-de.html>

**Figura 20.** Forbo. Marmoleum striato original.

Recuperado de [https://www.forbo.com/flooring/es-es/productos/linoleo/marmoleum-linear/marmoleum-striato-original/bpa486#panel\\_104](https://www.forbo.com/flooring/es-es/productos/linoleo/marmoleum-linear/marmoleum-striato-original/bpa486#panel_104)

**Figura 21.** Forbo. Instalación.

Recuperado <https://www.forbo.com/flooring/es-es/instalacion-y-mantenimiento/linoleo/pyrax0>

**Figura 22.** Detalle constructivo del pavimento de Linóleo.

Elaboración propia

**Figura 23.** RoofEco System SL. Teja de plástico reciclado.

Recuperado de <http://roofecosystem.com/galeria-tejas-plasticas/>

**Figura 24.** RoofEco System SL. Tejado con tejas de plástico reciclado.

Recuperado de <http://roofecosystem.com/galeria-tejas-plasticas/>

**Figura 25.** RoofEco System SL Instalación.

Recuperado de <http://roofecosystem.com/tejas-de-plastico>

**Figura 26.** RoofEco System SL. Piezas de accesorio para el tejado.

Recuperado de <http://roofecosystem.com/productos/>

**Figura 27.** Detalle constructivo. Elaboración propia basada en el sistema RoofEco.

Recuperado de <http://roofecosystem.com/tejas-de-plastico/>

**Figura 28.** RoofEco System SL. Sistema tradicional.

Recuperado de <http://roofecosystem.com/tejas-de-plastico/>

**Figura 29.** Tectonica-online. Aislamiento de celulosa de papel de periódico reciclado.

Recuperado de [http://www.tectonica-online.com/productos/1921/celulosa\\_fibras\\_proyectado\\_aislamiento\\_isocell/](http://www.tectonica-online.com/productos/1921/celulosa_fibras_proyectado_aislamiento_isocell/)

**Figura 30.** Aislamiento insuflado.

Recuperado de <https://ecogreenhome.es/aislamiento-termico-de-tu-vivienda/>

**Figura 31.** Aislamiento proyectado.

Recuperado de <https://www.aislamientostermicosthermofloc.es/aislamiento-con-celulosa-1/aislamiento-celulosa-proyectada/>

**Figura 32.** Aislamiento soplado.

Recuperado de <https://ecogreenhome.es/aislamiento-soplado/>

**Figura 33.** Palé europeo.

Recuperado de <https://www.ilovepalets.com/tipos-de-palets/>

**Figura 34.** Casa construida con palés reciclados.

Recuperado de <http://rafaeldalmau.es/una-casa-fabricada-pallets-reciclados/>

**Figura 35.** Cerramiento de palés.

Recuperado de <http://www.mueblesdepalets.net/2013/04/casa-hecha-con-palets-en-chile.html>

**Figura 36.** Uniones mediante tablas recuperadas de palés.

Elaboración propia.

**Figura 37.** Capas del cerramiento de palés.

Elaboración propia.

**Figura 38.** Extensión de las tiras de polietileno.

Recuperado de <https://www.hogarmania.com/bricolaje/tareas/carpinteria/200809/colocar-tarima-flotante-4360.html>

**Figura 39.** Instalación de las tablas.

Recuperado de <http://19bis.com/objectbis/2015/02/27/antes-y-despues/pavimentar-el-suelo-con-listones-de-palets/>

**Figura 40.** Pavimento acabado.

Recuperado de <http://19bis.com/objectbis/2015/02/27/antes-y-despues/pavimentar-el-suelo-con-listones-de-palets/>

**Figura 41.** Bloque Cannabric.

Recuperado de [http://www.cannabric.com/catalogo/cannabric\\_bloque\\_de\\_canamo\\_aislante\\_y\\_estructural\\_/](http://www.cannabric.com/catalogo/cannabric_bloque_de_canamo_aislante_y_estructural_/)

**Figura 42.** Construcción de una vivienda unifamiliar.

Recuperado de [http://www.cannabric.com/catalogo/cannabric\\_bloque\\_de\\_canamo\\_aislante\\_y\\_estructural\\_/](http://www.cannabric.com/catalogo/cannabric_bloque_de_canamo_aislante_y_estructural_/)

**Figura 43.** Detalle constructivo.

Recuperado de

[http://www.cannabric.com/catalogo/cannabric\\_bloque\\_de\\_canamo\\_aislante\\_y\\_estructural\\_/](http://www.cannabric.com/catalogo/cannabric_bloque_de_canamo_aislante_y_estructural_/)

**Figura 44.** Despiece muro con bloques Cannabric.

Recuperado de

[http://www.cannabric.com/catalogo/cannabric\\_bloque\\_de\\_canamo\\_aislante\\_y\\_estructural\\_/](http://www.cannabric.com/catalogo/cannabric_bloque_de_canamo_aislante_y_estructural_/)

**Figura 45.** Detalle constructivo de un muro con bloques de Cannabric.

Elaboración propia.

**Figura 46.** Tabla de bambú.

Recuperado de <https://www.moso.eu/es/productos/suelo/grand-collection/bamboo-solida>

**Figura 47.** Instalación.

Recuperado de [https://www.moso.eu/es/download/6548/Instruccionesdeinstalacion\\_BambooSolida\\_ES\\_LQ.pdf](https://www.moso.eu/es/download/6548/Instruccionesdeinstalacion_BambooSolida_ES_LQ.pdf)

**Figura 48.** Suelo de bambú.

Recuperado de <https://www.moso.eu/es/productos/suelo/grand-collection/bamboo-solida>

**Figura 49.** Tejas de madera.

Recuperado de <http://www.tejasdemadera.com/shingles/>

**Figura 50.** Tronco de la longitud de la teja.

Recuperado de Harding, M. (2010). Tejados de madera, una solución tradicional para la bioconstrucción moderna. *Ecohabitar*, (25).

**Figura 51.** Corte del tronco en 4 piezas.

Recuperado de Harding, M. (2010). Tejados de madera, una solución tradicional para la bioconstrucción moderna. *Ecohabitar*, (25).

**Figura 52.** Separación de la albura y la corteza del duramen.

Recuperado de Harding, M. (2010). Tejados de madera, una solución tradicional para la bioconstrucción moderna. *Ecohabitar*, (25).

**Figura 53.** Corte de las tejas.

Recuperado de Harding, M. (2010). Tejados de madera, una solución tradicional para la bioconstrucción moderna. *Ecohabitar*, (25).

**Figura 54.** Acabado utilizando la herramienta `drawknife`.

Recuperado de Harding, M. (2010). Tejados de madera, una solución tradicional para la bioconstrucción moderna. *Ecohabitar*, (25).

**Figura 55.** Producto final.

Recuperado de Harding, M. (2010). Tejados de madera, una solución tradicional para la bioconstrucción moderna. *Ecohabitar*, (25).

**Figura 56.** Instalación de las tejas.

Elaboración propia basada en Harding, M. (2010). Tejados de madera, una solución tradicional para la bioconstrucción moderna. *Ecohabitar*, (25).

**Figura 57.** Aglomerado de corcho expandido.

Recuperado de <http://www.barnacork.com/aislamientos-/aislamientos-termicos/sistemas-constructivos/item/86-colegio-pedro-arrupe-en-lisboa.html>

**Figura 58.** Instalación de los paneles de corcho.

Recuperado de <http://www.barnacork.com/aislamientos-/aislamientos-termicos/sistemas-constructivos/item/86-colegio-pedro-arrupe-en-lisboa.html>

**Figura 59.** Capas de una cubierta inclinada con paneles de corcho aislantes.

Recuperado de <http://www.barnacork.com/aislamientos-/aislamientos-termicos/sistemas-constructivos/item/86-colegio-pedro-arrupe-en-lisboa.html>

**Apartado 4. Propuesta.**

**Figura 60.** Planta y alzado de la vivienda propuesta.

Elaboración propia.

**Figura 61.** Sección constructiva E: 1/20.

Elaboración propia.

**Referencia tablas. Apartado 3.**

**Tabla 1.** Características técnicas del Ladrillo PET.

Elaboración propia basada en el artículo de revista Gaggino, R. (2008). Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción. *INVI*, 23, 063, 9-14

**Tabla 2.** Características técnicas del Marmoleum.

Elaboración propia basada en las especificaciones técnicas del Marmoleum.

Recuperado de <https://www.forbo.com/flooring/es-es/documentos-tecnicos/linoleo/pfihsg>

**Tabla 3.** Características técnicas de la teja de plástico reciclado.

Elaboración propia basada en las especificaciones técnicas de RoofEco System.

Recuperado de <http://roofecosystem.com/productos/panel-de-teja-plastica/>

**Tabla 4.** Características técnicas de la celulosa.

Elaboración propia basada en las características técnicas de la celulosa. Recuperado de <http://www.aislantesaislanat.es/ficha-tecnica/>

**Tabla 5.** Características técnicas del palé de madera.

Elaboración propia basada en las características técnicas del palé de madera.

Recuperado de <https://www.maderasmedina.com/fichas-propiedades/madera-de-coniferas/pino-silvestre.html>

**Tabla 6.** Características técnicas del bloque Cannabric.

Elaboración propia basada en los ensayos y ficha técnica del bloque Cannabric.

Recuperado de

[http://www.cannabric.com/media/documentos/1c5e2\\_CANNABRIC\\_ficha\\_tecnica\\_y\\_ensayos.pdf](http://www.cannabric.com/media/documentos/1c5e2_CANNABRIC_ficha_tecnica_y_ensayos.pdf)



**Tabla 7.** Características técnicas de Bamboo Solida.

Elaboración propia basada en el catálogo técnico del Bamboo Solida.  
Recuperado de [https://www.moso.eu/es/direct-download/6028/Catalogo\\_tecnico\\_ES\\_Bamboo-Solida\\_LQ.pdf](https://www.moso.eu/es/direct-download/6028/Catalogo_tecnico_ES_Bamboo-Solida_LQ.pdf)

**Tabla 8.** Características técnicas de la madera de cedro.

Elaboración propia basada en el catálogo técnico del Bamboo Solida.  
Recuperado de <https://www.maderasmedina.com/fichas-propiedades/madera-de-coniferas/cedro-rojo.html>

**Tabla 9.** Características técnicas del panel de corcho aglomerado.

Elaboración propia basada en el catálogo de Aglocork Térmico.  
Recuperado de <http://www.barnacork.com/11Boris/fileWeb/catalogo-aislamientos-2012.pdf>

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Bibliografía general.

Architecture for Humanity. (2006). *Design like you give a damn*. (1a. ed.). High Holborn, London: Thomas & Hudson Ltd.

Calkins, M. (2009). *Materials for sustainable sites*. (1a. ed.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Ching, F & Shapiro, I. (2015). *Arquitectura ecológica, una manual ilustrado*. (1a. ed.). Barcelona, España: Editorial Gustavo Gil, SL.

Soriano, M. (2013). *Construir con residuos y otros materiales alternativos*. (1a. ed.). Teruel, España: Ediciones Ecohabitar.

### Apartado 2. Arquitectura sostenible.

Garrido, L. Arquitectura de Luis de Garrido.  
Recuperado de <http://www.luisdegarrido.com/es/actividad/arquitectura-luis-de-garrido/>

Ching, F & Shapiro, I. (2015). *Arquitectura ecológica, una manual ilustrado*. (1a. ed.). Barcelona, España: Editorial Gustavo Gil, SL.

Soriano, M. (2013). *Construir con residuos y otros materiales alternativos*. (1a. ed.). Teruel, España: Ediciones Ecohabitar.

Reynolds, M. Earthships Biotecture. Recuperado de <https://www.earthshipglobal.com/>

Ban, S. Works. Recuperado de <http://www.shigerubanarchitects.com/>

### Apartado 3. Análisis de materiales de construcción reciclados, reutilizados y ecológicos.

Calkins, M. (2009). *Materials for sustainable sites*. (1a. ed.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Ching, F & Shapiro, I. (2015). *Arquitectura ecológica, una manual ilustrado*. (1a. ed.). Barcelona, España: Editorial Gustavo Gil, SL.

Gaggino, R. (2008). Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción. *INVI*, 23, 063, 9-14.

Forbo flooring system. Optamos por el camino más verde. Recuperado de <https://www.forbo.com/flooring/es-es/productos/linoleo/c2asdd>

DLW Design. (2017, 13 de enero). Naturaleza en rollos: materias primas. Recuperado de <https://www.dlwflooring.es/quienes-somos/revista/material-qualitaet/materias-primas-linoleo/>

RoofEco Systema. Recuperado de <http://roofecosystem.com/>

Aislanat. Recuperado de <http://www.aislantesaislanat.es/>

Soriano, M. (2013). *Construir con residuos y otros materiales alternativos*. (1a. ed.). Teruel, España: Ediciones Ecohabitar.

Ideatumismo. ¿Como se fabrican los palets?. Recuperado de <http://www.ideatumismo.com/palets/>

<http://19bis.com/objectbis/2015/02/27/antes-y-despues/pavimentar-el-suelo-con-listones-de-palets/>

Cannabric. Recuperado de <http://www.cannabric.com/>

<https://ecomaquinas.com.br/index.php/esp/tijolo-ecologico-como-produzir>

Moso. Bambú. Recuperado de <https://www.moso.eu/es/productos/suelo/grand-collection/bamboo-solida>

Tejas de madera. Recuperado de <http://www.tejasdemadera.com/>

Harding, M. (2010). Tejados de madera, una solución tradicional para la bioconstrucción moderna. *Ecohabitar*, (25).

Tejas de madera. Recuperado de <https://www.maderasmedina.com/fichas-propiedades/madera-de-coniferas/cedro-rojo.html>

Panel de corcho aglomerado. Recuperado de <http://www.barnacork.com/aislamientos-aislamientos-termicos/sistemas-constructivos/item/86-colegio-pedro-arrupe-en-lisboa.html>

Panel de corcho aglomerado. Recuperado de <http://www.barnacork.com/11Boris/fileWeb/catalogo-aislamientos-2012.pdf>