



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE DE ELEMENTOS O
MATERIALES DE MADERA EN ARQUITECTURA:
BUENAS PRÁCTICAS EN ESPAÑA

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

AUTOR/A: Puente Villafuerte, Sixto Adrián

Tutor/a: López Mateu, Vicente

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA



Trabajo Fin de Grado

REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE DE ELEMENTOS O MATERIALES DE MADERA EN ARQUITECTURA: BUENAS PRÁCTICAS EN ESPAÑA

Grado en Fundamentos de la Arquitectura
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia
Curso académico: 2023/2024

AUTOR/A: Puente Villafuerte, Sixto Adrián
Tutor/a: López Mateu, Vicente

1 AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, dar las gracias a mis padres por el apoyo y confianza en mi y por ser el soporte más importante de este camino, que termina con este trabajo. También dar las gracias a mi hermano, que siempre está ahí para lo que haga falta, sobre todo para desconectar de todo un poco y estar de chill.

A Elena, agradecer que este ahí siempre y que sea tan insistente con las cosas para que las pueda acabar. Pero lo más importante, gracias por ser parte de este camino, y de todo el que nos queda por delante.

Y a ti, Vicente, que, pese a que he tardado una eternidad en continuar con el trabajo, siempre has estado dispuesto a ayudarme y orientarme de la mejor manera posible.

Agradecer a todas las empresas que, primero, han contestado a los correos y, segundo, han aportado información con la que he podido completar de una manera más amplia y profesional este trabajo.

2 RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

2.1 Resumen

Este trabajo identificará y recopilará las mejores prácticas en la reutilización de elementos o materiales en la arquitectura actual, particularmente en madera y carpintería. Partiendo de unos breves antecedentes, guías en la materia y los referentes normativos, se buscarán y clasificarán los proyectos más relevantes que han aplicado estos aspectos en distintos elementos constructivos o partes del edificio. El objetivo final es analizar y comparar sus características comunes y las ventajas medioambientales y proponer una plataforma digital (Instagram, Facebook, blog, etc.) para difundir los resultados, con este medio, además de los casos de estudio y ejemplos, se pretende dar una mayor visibilidad a este material a la hora de su uso en la construcción.

Palabras Clave:

Visibilidad, construcción, reciclaje, reutilización, medioambiente

2.2 Summary

This work will identify and compile the best practices in the reuse of elements or materials in current architecture, particularly in wood and carpentry. Starting from a brief background, guidelines on the subject and normative references, the most relevant projects that have applied these aspects in different constructive elements or parts of the building will be searched and classified. The final objective is to analyse and compare their common characteristics and environmental advantages and to propose a digital platform (Instagram, Facebook, blog, etc.) to disseminate the results, with this medium, in addition to the case studies and examples, the aim is to give greater visibility to this material when it is used in construction.

Keywords:

Visibility, construction, recycling, reuse, reuse, environment

2.3 Resum

Este treball identificarà i recopilarà les millors pràctiques en la reutilització d'elements o materials en l'arquitectura actual, particularment en fusta i fusteria. Partint d'uns breus antecedents, guies en la matèria i els referents normatius, es buscaran i classificaran els projectes més rellevants que han aplicat estos aspectes en diferents elements constructius o parts de l'edifici. L'objectiu final és analitzar i comparar les seues característiques comunes i els avantatges mediambientals i proposar una plataforma digital (Instagram, Facebook, blog, etc.) per a difondre els resultats, amb este mig, a més dels casos d'estudi i exemples, es pretén donar una major visibilitat a este material a l'hora del seu ús en la construcció.

Paraules clau:

Visibilitat, construcció, reciclatge, reutilització, medi ambient

ÍNDICE

1	AGRADECIMIENTOS	2
2	RESUMEN Y PALABRAS CLAVE	3
2.1	Resumen	3
2.2	Summary	4
2.3	Resum	5
3	INTRODUCCIÓN	8
3.1	Contextualización del tema	8
3.2	Relación con los ODS	9
3.3	Justificación de la investigación	10
3.4	Objetivos de la investigación	12
3.5	Metodología utilizada y estructura del trabajo	12
4	MARCO TEÓRICO	13
4.1	Antecedentes históricos	13
4.1.1	Historia del reciclaje y reutilización	13
4.1.2	Historia de la deforestación	15
4.2	Economía circular	16
4.2.1	Incidencia de la Economía Circular en la Madera	16
4.3	Residuos de construcción y demolición. Madera	17
4.3.1	Concepto	17
4.3.2	Clasificación de los residuos. Códigos LER.	18
4.4	Concepto de las 3 R	20
4.5	Normativas y regulaciones sobre el uso de madera en construcción y su gestión	21
4.5.1	Ámbito europeo	21
4.5.2	Ámbito estatal	21
4.6	Certificaciones de calidad de la madera y medioambientales	23
5	ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL USO DE MADERA REICLADA O REUTILIZACIÓN DE MADERA EN ESPAÑA	25
5.1	Comparativa de la madera con otros materiales de construcción	25
5.2	Comparativa entre madera natural y madera reciclada	28

5.3	Comparativa entre madera de pino y de OSB	30
6	PROCESO DE RECICLAJE DE MADERA Y FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DERIVADOS	32
6.1	Estudio de arquitectura / constructora	32
6.2	Gestor de residuos	32
6.3	Planta de producción	33
6.4	Empresa distribuidora	38
7	PROPIEDADES Y BENEFICIOS DE LA MADERA RECICLADA Y REUTILIZADA	39
7.1	Propiedades y características de los productos de madera reciclada:	39
7.2	Beneficios de los productos de madera reciclada:	39
8	VISUALIZACIÓN DE PRODUCTOS DE MADERA RECICLADA EN ESPAÑA	41
8.1	Tipos y productos de madera	41
8.1.1	Madera reutilizada	41
8.1.2	Madera reciclada	42
8.2	Fabricantes	45
8.3	Ejemplos de uso de la madera reciclada o reutilizada	48
8.3.1	Madera reutilizada	48
8.3.2	Madera reciclada	50
8.3.3	Estudio de proyectos	53
8.4	Difusión digital. Red social	56
8.5	Fichas técnicas	58
9	CONCLUSIONES	59
10	OTRAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	61
11	BIBLIOGRAFÍA	65
11.1	Libros y revistas	65
11.2	Páginas Web y artículos	66
11.3	Testimonios	68
12	ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	69

3 INTRODUCCIÓN

3.1 Contextualización del tema

Actualmente, el reciclaje y la reutilización de los materiales es uno de los puntos fundamentales a la hora de abordar los problemas ambientales y promover la sostenibilidad en los distintos sectores o actividades humanas, siendo uno de los más importantes a considerar la construcción. Según AITIM (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera)

Por este motivo, el reciclaje y la reutilización de la madera y sus derivados ganan especial relevancia debido a su potencial para reducir la demanda de recursos naturales, disminuir la generación de residuos y aminorar el impacto derivado de la deforestación y la emisión de gases de efecto invernadero.

El hecho de producir elementos fabricados de madera genera a su vez una cantidad de residuos durante las diferentes etapas de producción. Residuos para analizar en otro trabajo, con el fin de estudiar lo perjudicial que puede llegar a ser la producción de madera reciclada para el medioambiente.

La gestión adecuada de estos es esencial para minimizar el impacto ambiental y maximizar, en gran medida, su valor económico y social. Los residuos de madera pueden convertirse en un valioso recurso para la producción de materiales reciclados y fabricación de nuevos productos.

En puntos posteriores de este documento se podrá ver la tendencia que tiene estos recursos a la hora de la construcción en España.

Siendo un punto crucial el conocer y comprender las prácticas de reciclaje y reutilización de madera en España que se realizan actualmente. Esto permitirá mejorar y proponer sugerencias para impulsar y promover las prácticas sostenibles en el sector de la madera y la construcción, sector que nos afecta de manera directa.

3.2 Relación con los ODS

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) fueron aprobados por la ONU el 25 de septiembre de 2015. Se trata de una serie de objetivos mirando al 2030, con los que se pretende dar fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar prosperidad y paz para todos.

El tema de reciclaje y reutilización de madera está directamente relacionado con algunos de los ODS, siendo los que más se relacionan los **puntos 9,12,13 y 15**, siendo los principales el punto 12 y 13.



Ilustración 1 – Objetivos de Desarrollo Sostenible (Elaboración propia)

- En el punto 9 (**Industria, innovación e infraestructura**) en este punto se fomenta la innovación en el ámbito de la construcción y la producción de madera. Se desarrollan tecnologías y procesos para un reciclaje y reutilización más eficientes. Además, esto crea empleo en los sectores relacionados con la transformación y gestión de residuos de la madera.
- En el punto 12 (**Producción y consumo responsables**) es el principal objetivo que abarca este trabajo tanto como construcción sostenible como el uso de materiales reciclados, en este caso la madera. Busca promover un consumo sostenible desde la reutilización de la madera sin llegar a dañar el medio ambiente. Cabe destacar el punto 12.5 de las metas de este objetivo:

“De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.” (“Consumo y producción sostenibles - Desarrollo Sostenible”)

- En el punto 13 (**Acción por el clima**) se trata el problema del cambio climático que está afectando tanto a la economía como a distintas vidas. Para proteger el medio ambiente, cuidar el planeta y frenar el cambio climático se marcan como objetivo fomentar el reciclaje y la economía circular.
- En el punto 15 (**Vida de ecosistemas terrestres**) se pretende prevenir y revertir la degradación de los ecosistemas. Para ello, promover la reutilización de recursos

naturales, en este caso la madera, ayudará a frenar la deforestación y proteger la vida de estos ecosistemas que se ven afectados por la obtención de este material.

3.3 Justificación de la investigación

La justificación de esta investigación se basa en la necesidad de abordar de manera efectiva la gestión de los residuos de madera en España y promover prácticas más sostenibles en el sector de la construcción. La implementación de prácticas efectivas de reciclaje y reutilización de madera no solo puede reducir los impactos ambientales negativos, sino que también puede generar oportunidades económicas y contribuir al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por las Naciones Unidas

- Impactos ambientales de los residuos de madera

Los residuos de madera representan un porcentaje reducido de los residuos sólidos generados en España, como se puede apreciar en la imagen adjunta. Aun así, si estos residuos no se gestionan adecuadamente, pueden tener impactos negativos en el medio ambiente. La tala indiscriminada de árboles para obtener madera virgen contribuye a la deforestación y la pérdida de biodiversidad. Además, la descomposición de los residuos de madera en vertederos puede generar emisiones de gases de efecto invernadero, como el metano, que contribuyen al cambio climático.

Tipos de residuos generados por sectores de actividad y hogares. Año 2019

Unidad: miles de toneladas

	Total	%	Sectores de actividad	%	Hogares	%
Residuos generados	133.257,0	100,0	110.466,1	100,0	22.790,9	100,0
Minerales	67.040,2	50,3	66.518,6	60,2	521,6	2,3
Residuos mezclados	37.533,1	28,2	18.940,4	17,1	18.592,7	81,6
Animales y vegetales	9.230,1	6,9	8.061,4	7,3	1.168,7	5,1
Metálicos	6.263,3	4,7	6.241,4	5,7	21,9	0,1
Papel y Cartón	4.212,9	3,2	2.925,5	2,7	1.287,4	5,6
Químicos	2.362,1	1,8	2.357,2	2,1	4,9	0,0
Equipos desechados	1.475,5	1,1	1.413,0	1,3	62,5	0,3
Lodos comunes	1.337,3	1,0	1.337,3	1,2
Vidrio	1.272,2	0,9	367,2	0,3	905,0	4,0
Madera	1.088,7	0,8	949,3	0,9	139,4	0,6
Plásticos	933,3	0,7	893,8	0,8	39,5	0,2
Otros	508,3	0,4	461,0	0,4	47,3	0,2

Ilustración 2 - Residuos generados en España (Fuente: INE)

- Beneficios económicos del reciclaje y reutilización de madera

El reciclaje y la reutilización de madera no solo tienen beneficios ambientales, sino que también ofrecen oportunidades económicas. La madera reciclada y reutilizada puede ser utilizada como

materia prima en diversas industrias, como la construcción, la fabricación de muebles y la producción de papel. Al utilizar madera reciclada, se reduce el coste de producción en comparación con la madera virgen, lo que puede resultar en una mayor competitividad para las empresas.

Además, el fomento del reciclaje y reutilización de madera impulsa la economía circular, donde los residuos se convierten en recursos valiosos que se reintegran en la cadena productiva. Esto puede generar nuevos empleos y oportunidades comerciales en el sector de la gestión de residuos y en las industrias que utilizan madera reciclada.

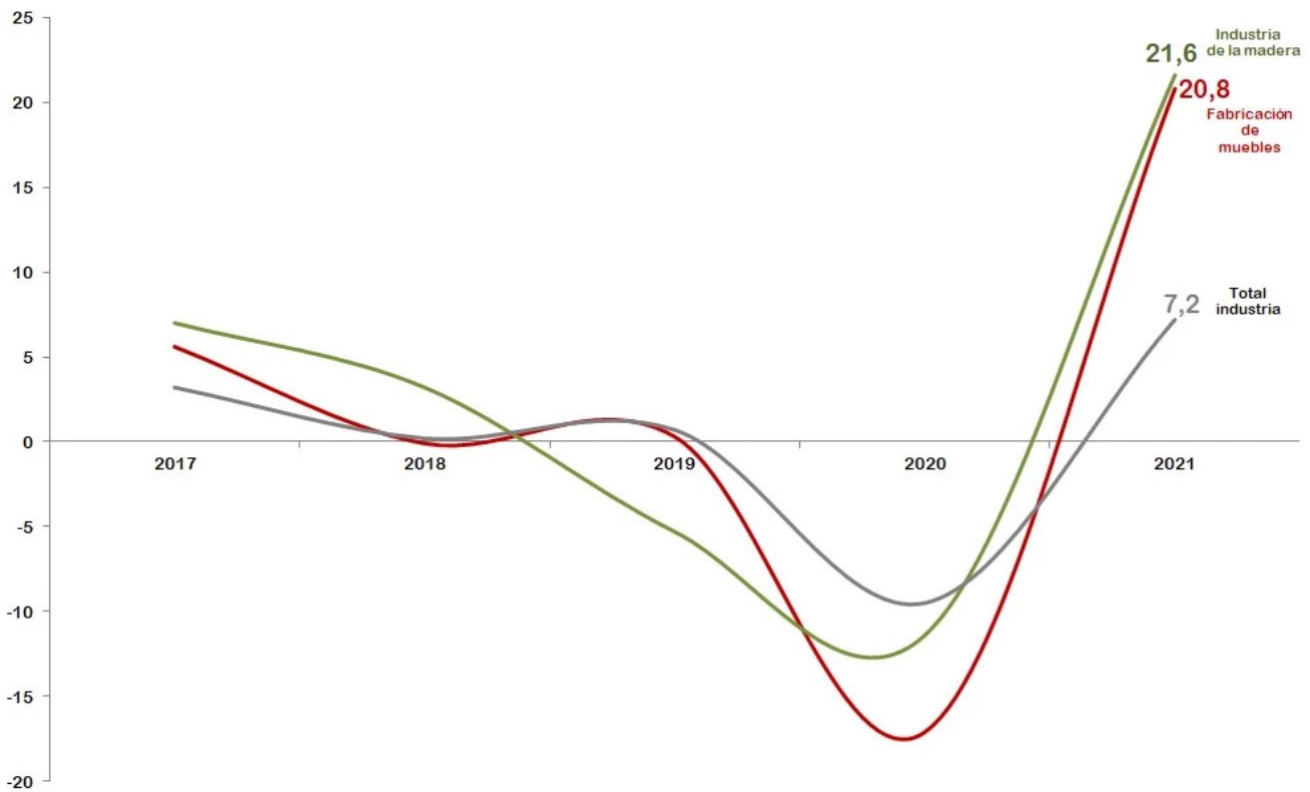


Ilustración 3 - Crecimiento de la industria (%) (Fuente: INE)

Partiendo de los datos de la cantidad de residuos generadas en España y de la tendencia del sector de la madera en cuanto a industria se refiere, en este Trabajo Final de Grado, se analizará la situación actual de la madera reciclada y reutilizada en el sector de la construcción en España.

La falta de información y de más iniciativas específicas en el ámbito del reciclaje y reutilización de madera en España deja ver la necesidad de realizar una investigación exhaustiva sobre este tema.

Esta investigación busca proporcionar un apoyo a los conocimientos y recomendaciones que puedan ser utilizadas por los diferentes actores involucrados, incluyendo empresas, instituciones gubernamentales y la sociedad en general, para mejorar la gestión sostenible de los residuos de madera y avanzar hacia un modelo más circular y sostenible

3.4 Objetivos de la investigación

El objetivo principal que sigue este trabajo es el de dar visibilidad a los productos de madera reciclada que se elaboran y se comercializan en España.

Por ello, los siguientes puntos que abordarán este trabajo: marco teórico de la madera reciclada y reutilizada, donde se dará información sobre la normativa que regula el uso de estos productos, así como los certificados expedidos que se aplican a los mismos.

Por otro lado, se explicará, desde fuente experimentadas en el sector, el proceso que se lleva a cabo con la gestión de los residuos de madera, la preparación de nuevos productos de esta y como se proyecta en un estudio con la idea de su utilización.

Por último, se hará un listado de fabricantes y productos, así como proyectos donde se dará visibilidad a estos tipos de productos a modo de presentación de que ya están en España. Para acompañar esta información se ha creado un perfil en una red social para abordar su difusión de una manera más cercana a las generaciones actuales.

3.5 Metodología utilizada y estructura del trabajo

La investigación seguirá una metodología mixta que combinará la revisión de bibliografías y portales de internet de empresas especializadas completándose con el estudio de casos de proyectos éxitos en los que se ha utilizado madera reciclada en nuestro país.

La información recopilada se analizará de manera cualitativa y cuantitativa, permitiendo así obtener una visión del estado actual y de las futuras perspectivas del tema del trabajo. Los resultados serán presentados en las distintas secciones del documento.

El presente TFG está estructurado de la siguiente manera: durante el capítulo 4 se presenta el marco teórico, donde se exploran los conceptos fundamentales del reciclaje y reutilización de madera y se analizan las normativas vigentes en España. El capítulo 5 aborda el análisis del estado actual del reciclaje y reutilización de madera en España, incluyendo un análisis de mercado, un estudio de casos y la identificación de barreras y oportunidades. Durante los capítulos 6 y 7, se desarrollará el proceso a seguir para la producción de tableros y se reflejan los beneficios que tiene la madera reciclada. Finalmente, en el capítulo 8 se presentan a modo de catálogo los productos y empresas que conforman el sector de la madera para la construcción. Por último, se presentan las conclusiones del estudio, se discuten las contribuciones y limitaciones, y se ofrecen recomendaciones para futuras investigaciones en este campo.

4 MARCO TEÓRICO

4.1 Antecedentes históricos

De una manera u otra, los conceptos de “reutilización” o “reciclaje” han estado presente a lo largo de la Historia, a la vez que esta evolucionaba la manera de llevar a cabo estos conceptos también lo hacía. A continuación, haremos un breve paso por la Historia analizando como se ha ido utilizando la madera.

4.1.1 Historia del reciclaje y reutilización

Prehistoria

Desde el comienzo de la humanidad, la madera ha sido un material esencial. Los primeros humanos utilizaban la madera para crear herramientas, armas y refugios. En este periodo, la reutilización de la madera era una práctica común, ya que los recursos eran limitados y la madera tenía que ser transportada a mano desde los bosques.

Edad Antigua

En la Antigüedad, la reutilización de la madera era una práctica habitual en muchas culturas. Los romanos, por ejemplo, reciclaron madera de edificios antiguos para construir nuevos. En Egipto, la madera era un recurso escaso, por lo que era necesario reutilizarla. En este periodo de la Historia, los restos de madera también eran usados para hacer fuego.

Edad Media y Renacimiento

Durante la Edad Media y el Renacimiento, la madera se seguía siendo un material principal en la construcción, por lo que se reutilizaba con frecuencia. Sin embargo, con el crecimiento de las ciudades y la deforestación, comenzó a surgir el problema el mayor problema que encontramos con este material, el agotamiento de los recursos forestales. Esta escasez llevó a una mayor reutilización y reciclaje de madera.

Siglo XVIII y XIX

Durante la Revolución Industrial, la demanda de madera aumentó exponencialmente, ya que era necesaria para la construcción, la fabricación de muebles, la calefacción y como combustible para las máquinas de vapor. Este incremento en la demanda llevó a una tala de árboles sin precedentes, resultando en una deforestación masiva. Aunque hubo esfuerzos para reutilizar y reciclar la madera, la demanda superó a la oferta, y la madera reciclada solo representaba una pequeña fracción de la madera utilizada

Siglo XX

En el siglo XX, con la creciente conciencia sobre el medio ambiente, el reciclaje y la reutilización de madera se volvió una prioridad. Se establecieron programas para recoger madera de desecho y se desarrollaron tecnologías para reciclarla en productos como papel, tableros de partículas y biomasa

para energía. Sin embargo, la madera todavía era a menudo desechada en vertederos, y la tala de árboles continuó a un ritmo preocupante.

Siglo XXI

En el siglo XXI, la sostenibilidad se ha convertido en una preocupación central para muchas personas y organizaciones. La reutilización y el reciclaje de madera se han vuelto aún más importantes para reducir la tala de árboles y el impacto ambiental de la industria maderera. Se ha incrementado la innovación tecnológica para el reciclaje de madera, resultando en productos reciclados de alta calidad que pueden ser utilizados en una variedad de aplicaciones, al igual que se han desarrollado proyectos con el objetivo de fomentar el uso de la madera reciclada. Un ejemplo de esto sería el **CaReWood**.

Este fue un proyecto europeo, entre los años 2014 – 2017, que básicamente se definió como:

Un proyecto cuyo propósito fundamental es introducir un enfoque de mejora para la madera maciza recuperada, posicionándola como una fuente confiable y limpia de productos de madera secundarios para la industria europea. Este concepto no solo refuerza la competitividad del mercado, sino que también contribuye a la sostenibilidad de los productos derivados de la madera. El proyecto CaReWood se enfocará en desarrollar un modelo de negocio para la utilización secuencial de la madera recuperada proveniente de la renovación y demolición de edificios, así como de los sectores de muebles, embalaje y transporte. Sus objetivos científicos y tecnológicos abarcan:

- Presentar pronósticos autorizados sobre volúmenes y calidades de madera recuperada postconsumo y postindustrial.
- Establecer directrices de diseño que faciliten la reutilización futura de la madera.
- Desarrollar modelos de logística inversa respaldados por software para la eficiente recuperación de madera.
- Desarrollar, demostrar y evaluar la viabilidad de tecnologías avanzadas para la madera recuperada.
- Adoptar criterios de certificación y etiquetado para la gestión secuencial de la madera.
- Evaluar los impactos ambientales y la viabilidad socioeconómica asociados con el enfoque secuencial de la madera.

En resumen, CaReWood busca no solo mejorar la gestión de la madera recuperada, sino también establecer prácticas sostenibles y eficientes en toda la cadena de valor.

A pesar de estos avances, todavía hay desafíos a superar. La madera tratada con productos químicos puede ser peligrosa para reciclar y reutilizar, y la demanda de madera sigue siendo alta. Sin embargo, con un enfoque continuo en la sostenibilidad y la innovación, es probable que el reciclaje y la reutilización de madera se vuelvan aún más comunes en el futuro.

Como se puede observar, el reciclaje y reutilización de madera ha sido una práctica que ha ido evolucionando desde un uso primordial al principio hacia una preocupación central en la actualidad. Ha pasado de ser una actividad que se hacía por necesidad a una que se hace por concienciación.

4.1.2 Historia de la deforestación

Por otro lado, a lo largo de la historia se han producido grandes deforestaciones debido a diferentes causas y que han desembocado en nuestros días.

Prehistoria

Durante los años de los primeros años, se puede apreciar el origen de las deforestaciones a manos del hombre. En este periodo se talaban árboles para aumentar los terrenos de cultivos y para crear claros en los bosques para así favorecer la caza de animales. El fuego fue la herramienta principal en esta deforestación.

Imperio romano

La expansión del Imperio romano a lo largo del Mediterráneo es algo bien conocido por todos, de esta expansión fue resultado la primera gran deforestación producida por el hombre. Esto fue debido al gran aumento de población, a la necesidad de una agricultura a una mayor escala y a un desarrollo económico sin precedentes.

Colonización de América

Debido a una gran expansión humano a lo largo de Europa occidental, surge una nueva deforestación entre los años 1100 d.C. y 1500 d.C. Esta fue debida a la construcción de veleros para navegar y poder comercializar entre las distintas colonias.

Por ello, una vez se colonizo América, se produjo la explotación de bosques para la construcción y extracción de productos ricos en esa región, además de la comercialización de maderas exóticas en el resto del globo. Además, las crecientes guerras navales provocaron incentivaron la creación de nuevos barcos con el objetivo de recuperar poderío naval.

Era industria

Durante este periodo de la historia, la gran demanda de combustible de las fábricas desembarco en el uso masivo de carbón vegetal procedente de los bosques, provocando una gran deforestación en Inglaterra, haciendo dependiente del comercio para abastecer estas fábricas.

Por otro lado, en Estados Unidos por la necesidad de crear tierras para la agricultura también se produce otra gran deforestación, en paralelo a lo que ocurría en otras naciones.

Por esto, y para que la historia no se vuelva a repetir, es necesario tomar las medidas apropiadas en cuanto a este tema se refiere, evitando que la tendencia de deforestación en el futuro se asemeje al esquema siguiente:



Ilustración 4 - Deforestación (Elaboración propia)

4.2 Economía circular

La economía circular es un modelo económico que se centra en minimizar el desperdicio y maximizar la reutilización de los recursos. Este modelo busca reemplazar la tradicional economía lineal de "extraer, producir, usar y desechar" con un sistema que recicle y reutilice los recursos tanto como sea posible. El objetivo final de la economía circular es crear un sistema que sea sostenible y eficiente, minimizando el impacto ambiental y maximizando el valor de los recursos.

La **madera** es un recurso importante en la economía circular por varias razones. En primer lugar, es un recurso renovable, lo que significa que puede ser cultivado y reemplazado a lo largo del tiempo. En segundo lugar, la madera puede ser reciclada y reutilizada de muchas formas diferentes, lo que la convierte en un recurso extremadamente versátil

4.2.1 Incidencia de la Economía Circular en la Madera

La economía circular tiene una gran influencia en la industria de la madera. A continuación, describo algunas de las formas más importantes en las que este modelo puede influir en el uso de la madera:

- **Reciclaje y reutilización:** En una economía circular, la madera que se ha utilizado previamente se recicla o se reutiliza tanto como sea posible en lugar de ser descartada. Esto puede implicar la recolección y el reciclaje de madera de desecho, o la reutilización de madera de edificios o estructuras antiguas.
- **Producción sostenible:** En una economía circular, la madera se produce de manera sostenible. Esto puede implicar prácticas de silvicultura sostenibles, como la gestión responsable de los bosques y la replantación de árboles para reemplazar los talados.
- **Diseño para la durabilidad y la reutilización:** En una economía circular, los productos de madera se diseñan para ser duraderos y para poder ser reutilizados. Esto puede implicar la elección de tipos de madera que sean resistentes y duraderos, y el diseño de productos de forma que puedan ser desmontados y reutilizados.
- **Energía de la biomasa:** Los residuos de madera pueden ser utilizados como fuente de energía en una economía circular. Por ejemplo, los residuos de madera pueden ser convertidos en biomasa y utilizados para generar electricidad o calor.

La economía circular ofrece un gran potencial para maximizar el valor de la madera y minimizar el impacto ambiental de su uso. Sin embargo, también plantea desafíos, como la necesidad de tecnologías y sistemas eficientes para la recolección y el reciclaje de madera, y la necesidad de normativas e incentivos que fomenten prácticas sostenibles. A pesar de estos desafíos, el movimiento hacia una economía circular es una tendencia creciente y prometedora para la industria de la madera.

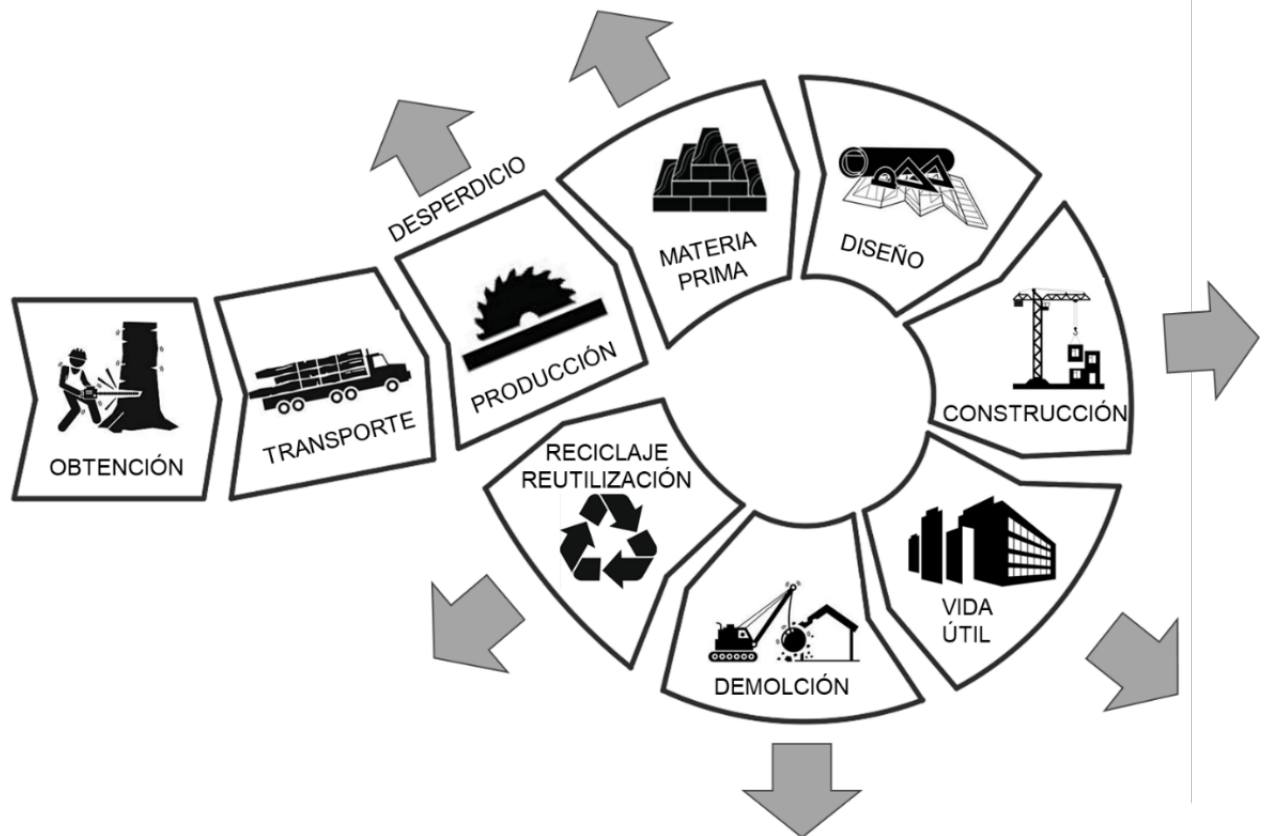


Ilustración 5 - Economía circular de madera en construcción (Elaboración propia)

4.3 Residuos de construcción y demolición. Madera

Desde el punto de vista de este trabajo académico, la construcción, es importante conocer una de las principales fuentes de suministro de la madera para ser reciclada o reutilizada, por ello analizaremos de manera breve los RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLCIÓN, enfocado en la madera.

4.3.1 Concepto

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) son los materiales sobrantes, desechos y escombros generados durante las actividades de construcción, demolición, renovación y reparación de edificaciones e infraestructuras. Estos residuos incluyen una amplia gama de materiales, entre ellos la madera, que es uno de los componentes más utilizados en la industria de la construcción.

La gestión adecuada de los RCD es esencial para minimizar su impacto ambiental y maximizar su valor económico y social. Dentro de los RCD, los residuos de madera son una fracción significativa que requiere una atención especial debido a su valor como recurso renovable.

La reutilización de la madera en los RCD implica recuperar y utilizar directamente elementos de madera en buen estado para otros proyectos de construcción. Puertas, ventanas, armarios y otros elementos pueden ser extraídos de edificios demolidos y reutilizados, evitando así la necesidad de nuevos materiales.

El reciclaje de la madera de los RCD implica transformar los residuos de madera en nuevos productos o materiales. Mediante la trituración y el procesamiento adecuado, la madera puede convertirse en

astillas o virutas para su uso como material de relleno, biomasa para generación de energía o como materia prima para la fabricación de tableros de partículas y tableros de fibra.

Además, los residuos de madera de los RCD también pueden ser valorizados energéticamente. A través de la combustión controlada, la madera puede ser utilizada como combustible para generar calor o electricidad. Sin embargo, es importante asegurar que esta práctica se realice de manera adecuada y sostenible, evitando la emisión de contaminantes.

La gestión de los residuos de madera en los RCD requiere la colaboración entre la industria de la construcción, las autoridades locales y los gestores de residuos. Es importante promover la separación en origen de los residuos de madera en los sitios de construcción, para facilitar su identificación y clasificación adecuada, permitiendo así su posterior reciclaje, reutilización o valorización energética.

4.3.2 Clasificación de los residuos. Códigos LER.

La clasificación que se describe a continuación proviene de la Lista Europea de Residuos (LER), que se introdujo en la Decisión 2000/532/CE76 de la Comisión y se ha actualizado en versiones posteriores. Esta lista se organiza en 20 secciones, cada una identificada por dos dígitos. Para identificar la fuente o actividad que produce el residuo, es necesario referirse a los capítulos del 01 al 12 o del 17 al 20. En este contexto particular, nos enfocamos en el capítulo 17, que trata sobre los "Residuos de la construcción y demolición".

Dentro de este capítulo, los distintos materiales se organizan en varios subapartados. Cada tipo de material se identifica con un código único de seis dígitos, siguiendo la estructura "AB CD EF". En este contexto, "AB" representa el número del capítulo, en este caso, el 17, que corresponde a los "Residuos de la construcción y demolición". "CD" se utiliza para categorizar los materiales según su potencial de reciclaje o su composición. Finalmente, "EF" se refiere específicamente al material en cuestión.

En el caso que concierne al objeto principal de este trabajo académico el código es:

17 02 01 – Madera.

Códigos LER (Capítulo 17):

- 17 01 - Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos
- 17 02 - Madera, vidrio y plástico
 - 17 02 01 - Madera
 - 17 02 02 - Vidrio
 - 17 02 03 - Plástico
 - 17 02 04 - Vidrio, plástico y madera que contienen sustancias peligrosas o están contaminados por ellas
- 17 03 - Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados
- 17 04 - Metales (incluidas sus aleaciones)
- 17 05 – Tierra (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas), piedras y lodos de drenaje
- 17 08 - Materiales de construcción a base de yeso
- 17 09 - Otros residuos de construcción y demolición

4.4 Concepto de las 3 R

Las "3 R" es un concepto ampliamente reconocido en el contexto de la gestión de recursos naturales y la conservación ambiental. Estas tres "R" representan una estrategia clave para abordar los problemas de sostenibilidad y reducir el impacto ambiental de la utilización de recursos naturales, incluida la madera. Las tres "R" son:

- **REDUCIR:** La primera "R" se refiere a la reducción del consumo de recursos naturales, en este caso, madera. Implica minimizar la cantidad de madera utilizada en productos y aplicaciones. Esto se puede lograr de varias maneras, como el diseño de productos más eficientes en el uso de madera, la promoción de la durabilidad de los productos de madera y la mejora de las prácticas de gestión forestal sostenible para reducir la tala de árboles.
- **REUTILIZAR:** La segunda "R" implica la reutilización de productos y materiales de madera siempre que sea posible. En lugar de desechar madera después de su primera vida útil, se busca darle un nuevo propósito o una segunda vida. Por ejemplo, las vigas de madera de una estructura desmontada pueden ser reutilizadas en la construcción de un nuevo edificio, o la madera de muebles viejos se puede reutilizar para crear nuevos muebles.
- **RECICLAR:** La tercera "R" se refiere al reciclaje de la madera. Esto implica procesar la madera usada para obtener material reciclado que se puede utilizar en la fabricación de nuevos productos de madera. En el caso de la madera, esto puede incluir la fabricación de paneles de OSB o productos de madera contrachapada a partir de desechos de madera.

El concepto de las "3 R" se aplica a la madera como parte de una estrategia de gestión sostenible de recursos naturales y reducción de residuos. Al reducir, reutilizar y reciclar la madera, se pueden conservar los recursos forestales, minimizar la cantidad de residuos y reducir el impacto ambiental asociado con la producción y eliminación de productos de madera. Esto es especialmente importante dada la creciente conciencia de la importancia de la sostenibilidad y la protección de los bosques en todo el mundo.

A lo largo de este Trabajo Fin de Grado, se abordarán la segunda y tercera R, reutilizar y reciclar, dado que sobre ellas se basa el tema principal del trabajo

4.5 Normativas y regulaciones sobre el uso de madera en construcción y su gestión

En este apartado se expondrán distintas normas, regulaciones y decretos de obligado cumplimiento sobre la generación, el uso y la gestión de residuos tanto de construcción y demolición en general como otros aplicables específicamente a la madera. Se diferenciarán dos ámbitos, en este caso a nivel europeo y nivel estatal.

4.5.1 Ámbito europeo

Pese a que se existe una diferencia entre países y su nivel de avances en el desarrollo sostenible, en todos se llevan a cabo unos acuerdos para cumplir una serie de objetivos mínimos.

Marco legislativo de madera en la Unión Europea:

- DIRECTIVA (UE) 2018/851 PARLAMENTO EUROPEO CONSEJO de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos
- Decisión de la Comisión 2000/532/CE, que establece una lista de residuos de conformidad con la Directiva 75/442/CEE, y sus modificaciones, efectuadas mediante la decisión de la comisión 2001/119/CE.
- Directiva 1996/61 “Prevención y Control integrados de la Contaminación –IPPC”.
- Reglamento CE 1907/2006, de 18 de diciembre, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH).
- Reglamento (UE) N.º 305/2011 – Productos Construcción.
- UNE-EN 14220:2007 Madera y materiales derivados de la madera para ventanas exteriores, hojas de puertas exteriores y cercos de puertas exteriores. Requisitos y especificaciones.
- UNE-EN 14221:2007 Madera y materiales derivados de la madera para ventanas interiores, hojas de puertas interiores y cercos de puertas interiores. Requisitos y especificaciones.

Para que la economía circular sea un método eficaz, es necesario establecer y seguir ciertas medidas que fomenten una producción y consumo sostenibles, asegurando así un ciclo de vida completo para los productos. Estas acciones contribuirán a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.

En consecuencia, los países están obligados a cumplir con las metas establecidas principalmente por la Unión Europea. Sin embargo, el enfoque para alcanzar estos objetivos variará de un país a otro, adoptando medidas específicas según los acuerdos que cada nación decida implementar.

4.5.2 Ámbito estatal

Al igual que en la Unión Europea, en España también se han ido desarrollando normativas y regulaciones que se aplican a nivel nacional, las cuales cada una de las comunidades autónomas

están obligadas a cumplir, como complemento, estas tienen también sus propias regulaciones que derivan de las normas estatales.

Legislación aplicable en España:

- Normas estructurales y de seguridad:
 - EN 14081: Requisitos técnicos para la clasificación estructural de la madera utilizada en estructuras de madera.
 - EN 1995-1-1 (Eurocódigo 5): Requisitos de diseño para estructuras de madera, incluyendo criterios de resistencia, estabilidad, durabilidad y diseño de uniones y conexiones.
- Normas de edificación y códigos de construcción:
 - CTE-DB-SE-M
- Regulaciones medioambientales:
 - Directiva Marco de Residuos (2008/98/CE): Establece el marco general para la gestión de residuos, incluyendo los residuos de madera.
 - Reglamento de la Madera de la Unión Europea (FLEGT): Reglamento voluntario para promover la legalidad de la madera importada a la Unión Europea.
- Regulaciones de tratamientos de madera:
 - Reglamento sobre Productos Biocidas (UE) 528/2012: Regula el uso de productos biocidas utilizados en el tratamiento de la madera.
- Gestión de residuos de madera:
 - Directiva sobre Residuos de la Industria de la Madera (2009/28/CE): Establece requisitos específicos para la gestión de residuos de madera generados por la industria de la madera.
 - Directiva sobre Vertederos (1999/31/CE): Establece requisitos para la gestión de los vertederos, incluyendo aquellos que reciben residuos de madera.

He de mencionar que estas normativas en su mayoría hacen alusión a la madera aserrada y a productos procedentes de residuos. Se aluden a estas normas dado que no existe una normativa clara ni concesas que sea de aplicación para la madera reciclada.

4.6 Certificaciones de calidad de la madera y medioambientales

De igual manera que en el apartado anterior no existe una legislación que regula el uso de la madera reciclada, pero sí que existen unos sellos de calidad que demuestran que esta madera ha sido elaborada de forma y legal y siguiendo los requisitos de sostenibilidad.

Estos certificados son los siguientes:

- **Certificado PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification):** es un sistema de certificación forestal que promueve la gestión sostenible de los recursos forestales a nivel mundial. El objetivo del certificado PEFC es garantizar que los productos de madera y papel provengan de bosques gestionados de manera sostenible y responsable.
- **Certificado FSC (Forest Stewardship Council):** para la madera es un sello de calidad que garantiza que la madera y los productos de madera provienen de bosques gestionados de manera sostenible. El FSC es una organización independiente y sin ánimo de lucro que establece estándares y criterios ecológicos, sociales y económicos para la gestión forestal responsable.

Dentro de estos sellos existen tres clases:

- **FSC 100%:** Todos los materiales provienen de bosques gestionados conforme a altos estándares FSC. Es el sello más distinguido para productos sostenibles.
- **FSC Reciclado:** Los productos son 100% reciclados, reduciendo la demanda de madera virgen y protegiendo los bosques.
- **FSC Mixto:** Los productos contienen materiales de bosques FSC, reciclados y/o madera controlada, que cumple con estándares FSC para reducir riesgos de fuentes inaceptables.
- **Certificado de Gestión de Residuos (ISO 14001):** Esta certificación establece los estándares para la gestión ambiental, incluyendo la gestión adecuada de los residuos generados. Un certificado ISO 14001 puede indicar que una empresa tiene un sistema de gestión de residuos efectivo y cumple con los requisitos legales relacionados con el uso de madera reciclada o reutilizada.
- **Certificado de Origen de Residuos (COR):** Es un documento emitido por un gestor autorizado de residuos que garantiza el origen y la trazabilidad de los materiales reciclados. El COR asegura que la madera reciclada o reutilizada proviene de fuentes legales y cumple con los estándares de calidad establecidos.
- **Certificado de Calidad de Producto Reciclado (UNE-216501):** Esta certificación, establecida por la Asociación Española de Normalización (UNE), asegura que los productos elaborados a partir de materiales reciclados cumplen con los requisitos de calidad y rendimiento establecidos.



Ilustración 6 – Sello AENOR (Fuente: <https://tienda.aenor.com/normas/normas>)



ISO 14001:2015

Ilustración 7 – Sello ISO (Fuente: <https://www.iso.org>)



Ilustración 8 – Bureau Veritas (Fuente: <https://www.bureauveritas.es>)



Asociación
Española para
la Sostenibilidad
Forestal
**Creciendo en
responsabilidad**

Ilustración 9- Certificado PEFC (Fuente: <https://www.pefc.es/>)



La marca de la gestión
forestal responsable

Ilustración 10 - Certificado FSC (Fuente: <https://es.fsc.org/es-es>)

Como se ha mencionado al inicio de este capítulo, no existe una normativa que abarque a la madera reciclada, por lo que para clasificarla se hará uso de los sellos de calidad de producto y de los certificados de procedencia de la madera.

5 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL USO DE MADERA RECICLADA O REUTILIZACIÓN DE MADERA EN ESPAÑA

Para entender la buena práctica en España del uso de elementos de madera reciclada o reutilizada, primero hay que analizar cuáles son los actuales materiales de construcción que se usan y sus características respecto a la madera. Así como diferenciar entre madera virgen y madera reciclada.

5.1 Comparativa de la madera con otros materiales de construcción

Como es bien sabido el acero y el hormigón son los materiales de construcción más comunes, a este grupo hay que unir la madera ya que es un material que también se puede usar para dicho fin. A continuación, se muestra una comparación de estos tres materiales desde varias perspectivas, tras analizar sus características y compararlas con distintas fuentes de información:

Resistencia y Durabilidad

- **Madera:** tiene una alta relación resistencia/peso, lo que significa que puede soportar bastante peso en relación con su tamaño. Sin embargo, es susceptible a problemas como termitas, hongos y pudrición si no se trata correctamente. La madera también puede deformarse o agrietarse con el tiempo debido a cambios en la humedad.
- **Acero:** tiene una resistencia muy alta y es resistente a muchos de los problemas que pueden afectar a la madera, como las termitas y la pudrición. Sin embargo, puede corroerse si no se mantiene adecuadamente.
- **Hormigón:** tiene una gran resistencia a la compresión, pero su resistencia a la tracción es relativamente baja sin la adición de refuerzo, como el acero. Es resistente a los incendios y a la mayoría de las plagas, pero puede agrietarse y debilitarse con el tiempo.

Impacto Ambiental

- **Madera:** es un recurso renovable si se gestiona de manera sostenible. También es el único de estos tres materiales que absorbe CO₂ durante su crecimiento, lo que puede ayudar a combatir el cambio climático. Sin embargo, la deforestación para la producción de madera puede tener un impacto negativo en el medio ambiente.
- **Acero:** es reciclable, pero su producción requiere mucha energía y produce una gran cantidad de CO₂.
- **Hormigón:** la producción de hormigón requiere mucha energía y produce una gran cantidad de CO₂. Además, la extracción de los materiales necesarios para la producción de hormigón puede tener un impacto negativo en el medio ambiente.

Costo

- **Madera:** puede variar ampliamente dependiendo del tipo de madera. En general, la madera es más barata que el acero y el hormigón, pero requiere más mantenimiento.

- **Acero:** es generalmente más caro que la madera y el hormigón. Sin embargo, debido a su alta resistencia, a menudo se necesita menos acero que madera o hormigón para lograr la misma capacidad de carga.
- **Hormigón:** es generalmente más barato que el acero, pero más caro que la madera. Sin embargo, los costos pueden variar dependiendo de factores como el tipo de hormigón y los costos de mano de obra.

Facilidad de Construcción

- **Madera:** es relativamente fácil de trabajar y no requiere herramientas o equipos especializados. Esto puede hacer que la construcción sea más rápida y menos costosa.
- **Acero:** requiere herramientas y habilidades especializadas para trabajar con él, lo que puede aumentar los costos de construcción. Sin embargo, las estructuras de acero son generalmente rápidas de erigir en el sitio.
- **Hormigón:** requiere tiempo para curarse, lo que puede alargar los plazos de construcción. Sin embargo, una vez curado, es extremadamente fuerte y duradero.

Es importante destacar que la elección del material de construcción depende en gran medida del proyecto específico y sus requerimientos.

Como se puede ver, la madera (nueva o reciclada) no tiene grandes diferencias con los materiales reyes de la construcción, por lo que es una alternativa sostenible y constructiva más que viable.

Comparativa de estos materiales para una viga de 5 m

A continuación, se ha realizado una comparativa entre las características técnicas de estos materiales, considerando vigas de 5 metros de luz. Para este apartado se ha hecho uso de catálogos de estos materiales, además de realizar una breve comprobación de estos datos con el uso de programas informáticos, en este caso CYPE.

Características	Madera Reciclada	Acero (Viga IPE)	Hormigón (Viga Pretensada)
Resistencia a la Compresión (MPa)	20-40	200-400	20-40
Resistencia a la Tracción (MPa)	20-40	400-550	2-4 (sin refuerzo)
Resistencia al Fuego (minutos)	60-120	30-120	60-240
Conductividad Térmica (W/m·K)	0.13-0.17	Baja	Baja
Densidad (kg/m ³)	400-700	7850	2200-2600

Características	Madera Reciclada	Acero (Viga IPE)	Hormigón (Viga Pretensada)
Durabilidad (años)	50-75	50-100+	50-100+
Costo (€/m)	150-250	700-1000	200-400
Tiempo de Construcción (días)	Bajo	Bajo	Medio
Sostenibilidad	Alta	Baja (requiere alto consumo energético en su producción)	Media
Flexibilidad de Diseño	Alta	Media	Baja

Analizando la tabla anterior obtenemos lo siguiente:

- Madera Reciclada:

Resistencia y durabilidad: La madera reciclada puede ofrecer una resistencia y durabilidad adecuadas para las condiciones de construcción en España, siempre que se seleccione la calidad y el tratamiento adecuados.

Resistencia al fuego: La madera reciclada tratada puede cumplir con las regulaciones españolas sobre resistencia al fuego y proporcionar una protección adecuada en caso de incendio.

Sostenibilidad: En un país con extensas áreas forestales, el uso de madera reciclada puede ser especialmente atractivo desde una perspectiva de sostenibilidad, al reducir la necesidad de recursos forestales adicionales.

Costo: El costo de la madera reciclada puede variar según la disponibilidad y la demanda local, pero en general, es competitivo y puede ofrecer una opción rentable en comparación con otros materiales.

- Acero (Viga IPE):

Resistencia y durabilidad: El acero es ampliamente utilizado en la construcción en España debido a su alta resistencia y durabilidad, lo que lo hace adecuado para proyectos de gran envergadura y cargas pesadas.

Resistencia al fuego: El acero estructural en España suele requerir protección adicional contra el fuego para cumplir con los requisitos de seguridad.

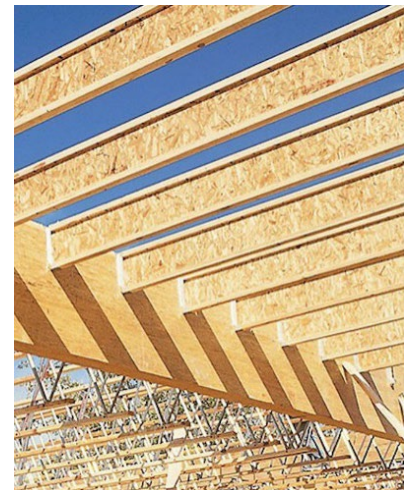


Ilustración 11 - Viga de madera (Fuente: Maderas Casais)



Ilustración 12 - Viga metálica (Fuente: VH Palabra de acero)

Sostenibilidad: Aunque el acero es reciclable, su producción implica un alto consumo energético y emisiones de carbono considerables, lo que puede tener un impacto ambiental negativo.

- Hormigón (Viga Pretensada):

Resistencia y durabilidad: El hormigón es ampliamente utilizado en la construcción en España debido a su resistencia y durabilidad, lo que permite la construcción de estructuras sólidas y duraderas.

Resistencia al fuego: El hormigón es conocido por su buena resistencia al fuego y puede cumplir con los estándares de seguridad en caso de incendio.

Sostenibilidad: La producción de hormigón tiene un alto consumo energético y emisiones de carbono, pero en España existen avances en el uso de adiciones y técnicas más sostenibles, como el uso de cemento con menor contenido de carbono y la reutilización de residuos industriales en la producción de hormigón.



Ilustración 13 -Viga pretensada de hormigón (Fuente: Tecnyconta)

En general, la madera reciclada puede ser una opción atractiva en España debido a su sostenibilidad, flexibilidad de diseño y costos competitivos. Sin embargo, la elección del material dependerá de varios factores, como la naturaleza del proyecto, los requisitos específicos, la disponibilidad local de materiales y las regulaciones de construcción vigentes. Trabajar con profesionales de la construcción y realizar un análisis detallado del proyecto ayudará a determinar la mejor opción para cada caso en España.

5.2 Comparativa entre madera natural y madera reciclada

Una vez analizado el comportamiento de la madera frente al hormigón y el acero, pasamos a analizar las diferencias que pueden existir entre usar madera aserrada o madera reciclada.

En cuanto a características técnicas, de dimensionado o de aspecto no se aprecia una diferenciación abismal. La principal diferencia que puede existir entre ambas recae sobre el proceso de producción y el costo de este.

La comparativa económica entre el coste de construcción de madera virgen y madera reciclada se ha realizado tras comprobar varias revistas y empresas productoras de estas maderas en España. A continuación, analizaré de manera extensa los aspectos económicos asociados a ambos tipos de madera.

Coste de la madera virgen

La madera virgen se refiere a la madera obtenida directamente de los árboles mediante la tala y procesamiento de la madera en bruto. El coste de la madera virgen está determinado por varios factores, como la especie de madera, la calidad, el tamaño y la disponibilidad. Los precios de la madera virgen pueden variar considerablemente según el mercado y la región.

Algunos de los factores que influyen en el coste de la madera virgen son los siguientes:

- **Demandas y oferta:** La disponibilidad de madera virgen depende de la demanda del mercado y la oferta de recursos forestales. Si hay una alta demanda de madera y una oferta limitada, es probable que los precios sean más altos.
- **Procesamiento y transporte:** Los costes de procesamiento de la madera, como el corte, secado y tratamiento, así como los costes asociados al transporte desde el lugar de origen hasta el lugar de construcción, también influyen en el precio final de la madera virgen.
- **Regulaciones y certificaciones:** En algunos casos, el cumplimiento de ciertas regulaciones y certificaciones forestales puede aumentar los costes de la madera virgen. Por ejemplo, la certificación FSC (Forest Stewardship Council) garantiza que la madera proviene de fuentes sostenibles, pero puede implicar costes adicionales.

Coste de la madera reciclada

La madera reciclada se obtiene a partir de productos de madera usados, como tablas, vigas, pallets u otros elementos de construcción que han llegado al final de su vida útil. El coste de la madera reciclada varía en función de su proceso de fabricación, así como de la demanda de mercado.

A continuación, se detallan algunos aspectos económicos relevantes asociados al uso de madera reciclada:

- **Coste de adquisición:** El coste de la madera reciclada puede ser menor en comparación con la madera virgen, ya que se trata de un material que ha sido utilizado previamente y que puede estar disponible a precios más competitivos. Sin embargo, el coste de adquisición dependerá de la demanda y oferta de madera reciclada en el mercado local.
- **Procesamiento y preparación:** Al utilizar madera reciclada, puede requerirse cierto grado de procesamiento y preparación antes de su uso en la construcción. Esto puede implicar costes adicionales para la limpieza, desmantelamiento, clasificación y eventual tratamiento de la madera reciclada.
- **Calidad y durabilidad:** La calidad y durabilidad de la madera reciclada pueden variar, ya que depende de su estado de conservación y de cómo se haya utilizado anteriormente. Algunas piezas de madera reciclada pueden requerir reparaciones o refuerzos adicionales, lo que podría generar costes adicionales en comparación con la madera virgen.

Análisis de costes comparativos

El análisis comparativo de los costes entre la madera virgen y la madera reciclada debe considerar varios factores:

- **Coste inicial:** En general, es posible que la madera reciclada presente un coste inicial más bajo en comparación con la madera virgen, debido a su disponibilidad y estado de

uso. Esto puede ser especialmente relevante en proyectos de construcción con presupuestos ajustados.

- **Coste de procesamiento y preparación:** Aunque la madera reciclada puede ser menos costosa en términos de adquisición, es posible que requiera más trabajo de procesamiento y preparación en comparación con la madera virgen. Estos costes adicionales deben tenerse en cuenta al realizar la comparativa.
- **Durabilidad y vida útil:** La durabilidad y vida útil de la madera reciclada pueden variar según su estado de conservación. En algunos casos, puede requerir más mantenimiento o tratamientos adicionales para garantizar su longevidad, lo que implica costes a largo plazo.
- **Impacto ambiental:** Es importante considerar el impacto ambiental al evaluar los costes. La utilización de madera reciclada contribuye a la reducción de la deforestación y la conservación de los recursos naturales, lo que puede tener beneficios a largo plazo en términos de sostenibilidad y mitigación del cambio climático.

En resumen, el análisis comparativo de los costes entre la madera virgen y la madera reciclada implica considerar factores como el coste inicial, el procesamiento y preparación, la durabilidad y vida útil, y el impacto ambiental. Si bien la madera reciclada puede presentar un coste inicial más bajo, es fundamental evaluar otros factores y tener en cuenta las necesidades específicas de cada proyecto de construcción.

5.3 Comparativa entre madera de pino y de OSB

Para realizar un análisis más extenso y detallado sobre el coste de construir con madera virgen de pino y con madera reciclada OSB, se han considerado diversos aspectos que influyen en los precios de ambas opciones de materiales de construcción. Para ello se han comparado entre las distintas empresas productoras de un tipo y otro. A continuación, se analizarán los costes asociados a cada tipo de madera en diferentes etapas del proceso constructivo:

Coste de adquisición:

- **Madera virgen de pino:** El coste de la madera virgen de pino puede variar en función de la calidad, el tamaño, el tratamiento y la procedencia. A partir de datos recopilados de proveedores y mercados de materiales de construcción en España, el precio promedio de la madera virgen de pino se sitúa en aproximadamente **500 a 700 euros por metro cúbico**.
- **Madera reciclada OSB:** El OSB es un tipo de madera reciclada compuesta por virutas de madera prensadas. El precio del OSB reciclado suele ser más bajo que el de la madera virgen. Según datos de mercado, el precio promedio del OSB reciclado en España se encuentra en torno a **300 a 400 euros por metro cúbico**.

Procesamiento y preparación:

- **Madera virgen de pino:** La madera virgen de pino requiere menos procesamiento y preparación en comparación con el OSB reciclado, ya que se obtiene directamente de los árboles. Sin embargo, pueden aplicarse tratamientos adicionales para mejorar su durabilidad o resistencia a insectos y hongos.
- **Madera reciclada OSB:** El OSB reciclado requiere un proceso de fabricación más complejo que implica la recolección, limpieza y clasificación de las virutas de madera reciclada. A pesar de esto, el OSB reciclado ofrece una ventaja en términos de sostenibilidad y reducción de residuos.

Durabilidad y vida útil:

- **Madera virgen de pino:** La madera virgen de pino es conocida por su durabilidad y capacidad de resistir condiciones adversas. Si se aplican tratamientos adecuados, como pintura o barniz, puede tener una vida útil prolongada.
- **Madera reciclada OSB:** La durabilidad del OSB reciclado puede variar según la calidad y el estado de las virutas de madera reciclada utilizadas en su fabricación. Si bien es un material resistente y adecuado para aplicaciones estructurales, puede requerir más cuidados de mantenimiento que la madera virgen.

Impacto ambiental:

- **Madera virgen de pino:** La madera virgen, si proviene de bosques gestionados de forma sostenible y certificados por organizaciones como el FSC, puede tener un impacto ambiental positivo. La tala responsable y la replantación de árboles contribuyen a la conservación de los recursos forestales.
- **Madera reciclada OSB:** El OSB reciclado ofrece un beneficio ambiental significativo al reducir la demanda de madera virgen y aprovechar recursos ya utilizados. La utilización de madera reciclada contribuye a la reducción de residuos y a la conservación de los bosques.

En conclusión, el coste de construir con madera virgen de pino suele ser mayor en comparación con el OSB reciclado. Sin embargo, es fundamental evaluar otros factores además del precio, como la durabilidad, el impacto ambiental y los requisitos específicos de cada proyecto de construcción. La elección entre madera virgen y madera reciclada dependerá de las necesidades y prioridades del proyecto, así como de los valores de sostenibilidad y responsabilidad ambiental del constructor o promotor.

6 PROCESO DE RECICLAJE DE MADERA Y FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DERIVADOS

Como se ha comentado anteriormente, una de las diferencias principales entre la madera aserrada y la madera reciclada es su proceso de obtención y fabricación. En este apartado se va a exponer, con un ejemplo, cómo es el proceso de fabricación de tableros elaborados con madera reciclada.

Para ello, haremos uso de las notas obtenidas tras las conversaciones realizadas con distintas empresas y estudios del sector de la construcción, cuya especialidad es el trabajo con madera. Además de la investigación a lo largo de diferentes sitios webs en los que se detalla estos procesos de producción.

Partiremos del supuesto de un edificio de dos plantas existente en una parcela que ha de ser demolido para la ejecución de un edificio de nueva planta. Este edificio fue construido alrededor del año 1940, por lo que cuenta con una cubierta de vigas y cerchas de madera, además en el salón principal se puede apreciar un altillo también realizado con estructura de madera.

En el proceso que se va a describir a continuación, se diferencian distintos intervinientes por los cuales es posible que este se lleve a cabo:

- Estudio de arquitectura / constructora
- Gestor de residuos
- Planta de producción
- Empresa distribuidora

6.1 Estudio de arquitectura / constructora

Una vez que el proyecto está listo para su presentación ante la autoridad correspondiente, se requiere la presentación de un estudio de gestión de residuos, que en este caso se enfoca en la madera. Este estudio evaluará las cantidades estimadas de diferentes tipos de residuos de madera que se generarán durante la ejecución de la obra.

Después de que el proyecto sea aprobado y se firme el acta de inicio de las obras, el encargado de la ejecución de la obra deberá establecer un punto limpio que incluya contenedores o bolsas designadas para la recogida de los residuos de madera. Además, en el estudio de gestión de residuos, se deben especificar las ubicaciones de las instalaciones de tratamiento y almacenamiento a las que se transportarán estos residuos para su clasificación y gestión adecuada.

Los gestores designados serán responsables del transporte de los residuos generados en la zona de la obra a las instalaciones de tratamiento y gestión correspondientes.

6.2 Gestor de residuos

Su trabajo implica lo siguiente:

- **Recolección y Transporte:** Un gestor de residuos recopila la madera procedente de la demolición de edificios y estructuras. Esto puede incluir vigas, tabloneros, tablillas y otros elementos de madera que se han desmontado durante el proceso de demolición. Luego, organiza el transporte de estos materiales a un centro de gestión de residuos.
- **Clasificación y Selección:** En el centro de gestión de residuos, la madera se somete a un proceso de clasificación y selección. Durante esta etapa, se identifican y separan las piezas de madera que son reutilizables de aquellas que están dañadas, contaminadas o no aptas para su reutilización.
- **Reciclaje y Reutilización:** Las piezas de madera reutilizables se preparan para su reventa o para su procesamiento en productos de madera reciclada. Esto puede

implicar la limpieza, el desmontaje adicional o la reparación de las piezas. La madera que no se puede reutilizar directamente puede ser reciclada para convertirla en otros productos.

- **Almacenamiento y Distribución:** Las piezas de madera reutilizables se almacenan en un lugar adecuado hasta que se vendan o se utilicen en nuevos proyectos. El gestor de residuos puede distribuir la madera a compradores interesados, como empresas de construcción o carpinteros, que buscan materiales reciclados o reutilizables.

Además de estas tareas, el propio gestor de residuos puede contar con una planta de producción con la que el mismo sería capaz de elaborar los productos derivados de la madera reciclada.

En este ejemplo, consideraremos que no es propietario de la planta de producción y que es un proveedor de esta.

6.3 Planta de producción

Este interventor del proceso es el encargado de transformar la madera clasificada y tratada procedente del gestor en los productos de madera, que ellos mismos venderán al público o bien serán proveedores de este producto a diferentes empresas comerciales.

A continuación, se detalla el proceso que se lleva a cabo en estas plantas para la producción de tableros OSB:

- Desarme y eliminación de elementos metálicos:
 - **Detención de elementos metálicos:** En esta etapa, los trabajadores o máquinas especializadas examinan minuciosamente la madera recolectada de la demolición. Utilizan detectores de metales para identificar y marcar la ubicación de elementos metálicos incrustados en la madera, como clavos, tornillos, grapas y alambres. Los detectores de metales emiten señales audibles o visuales cuando detectan la presencia de metal.
 - **Extracción de elementos metálicos:** Una vez que se han identificado los elementos metálicos, se utilizan herramientas específicas, como extractores de clavos, tenazas, o imanes, para eliminarlos con cuidado de la madera. Esto se hace con el objetivo de evitar dañar la madera y de asegurarse de que no queden rastros de metal en las piezas.
 - **Inspección de la madera:** Después de eliminar los elementos metálicos, se realiza una inspección visual adicional para asegurarse de que no haya quedado ningún residuo metálico oculto. La madera se somete a una revisión minuciosa para detectar cualquier clavo o fragmento metálico que pueda haberse pasado por alto durante la extracción.
 - **Almacenamiento y clasificación:** Una vez que la madera ha sido completamente desarmada y se ha comprobado que está libre de elementos metálicos, se almacena y se clasifica de acuerdo con sus dimensiones, tipo de madera y calidad. Las piezas dañadas o contaminadas se separan y descartan adecuadamente.



*Ilustración 14 - Eliminación de tornillos y metales
(Fuente: propia)*

- Trituración y desfibrado:

- Después de la clasificación y eliminación de elementos metálicos, las piezas de madera seleccionadas se someten a un proceso de trituración inicial. Este paso implica el uso de maquinaria industrial, como trituradoras de tambor o molinos, para reducir la madera a trozos más manejables y pequeños.
- Las piezas de madera se alimentan en la trituradora, donde se Trituran en fragmentos de tamaño uniforme, generalmente en forma de trozos o trozos de madera. Este proceso ayuda a preparar la madera para la siguiente etapa, donde se convertirán en astillas más finas.
- Las astillas resultantes son todavía relativamente grandes en comparación con las que se usarán en el OSB final. Por lo tanto, la madera triturada se somete a una segunda etapa de procesamiento, conocida como "desfibrado". Esto se realiza utilizando equipos especiales que dividen aún más las astillas en virutas más pequeñas y uniformes.
- Las virutas resultantes son esenciales para el proceso de fabricación del OSB, ya que son la materia prima que se combinará con resinas adhesivas para formar la mezcla de pasta. La uniformidad en el tamaño y la calidad de estas virutas es importante para garantizar la cohesión y la resistencia del tablero de OSB final.
- Es importante destacar que la trituración y el desfibrado se realizan con cuidado para evitar el exceso de calor, que podría afectar negativamente la calidad de la madera. La temperatura y la velocidad de alimentación se controlan para garantizar que la madera se reduzca a las dimensiones adecuadas sin dañar sus propiedades estructurales.



Ilustración 15 - Trituración inicial (Fuente: Weima)

- Mezcla de astillas:

- La mezcla de astillas es una etapa crítica en el proceso de fabricación de tableros de OSB. En esta fase, las astillas de madera triturada se combinan con adhesivos termoendurecibles, como las resinas fenólicas o resinas a base de MDI (diisocianato de difenilmetano). Esta mezcla de pasta es un componente esencial para unir las astillas y proporcionar la resistencia necesaria al tablero OSB.
- La relación entre astillas y adhesivos es un factor clave en esta etapa. Se debe calcular cuidadosamente la cantidad de adhesivo necesaria para garantizar una adhesión efectiva entre las astillas, sin que el tablero resultante sea excesivamente pesado o contenga un exceso de adhesivo. La consistencia adecuada de la mezcla es fundamental para lograr una distribución uniforme de la resina y garantizar una unión fuerte y duradera.
- Las resinas termoendurecibles se utilizan porque pueden endurecerse con la aplicación de calor y presión durante la fase de prensado. Esto les permite fusionarse con las astillas y proporcionar una unión química sólida. Las resinas fenólicas son particularmente comunes en la fabricación de OSB debido a su capacidad de proporcionar una unión resistente al agua y al calor.
- La mezcla de astillas y resina se realiza en una máquina mezcladora especializada, donde se dosifican con precisión los componentes y se mezclan de manera homogénea. La

uniformidad en la distribución de la resina es fundamental para garantizar que cada astilla esté adecuadamente recubierta y que la calidad del producto sea consistente.

- El control de la mezcla es esencial para ajustar las propiedades del tablero de OSB, como su resistencia, durabilidad y densidad. La calidad de la mezcla de astillas y resina influye en gran medida en el rendimiento y la integridad del tablero final.
- Orientación de astillas:

La orientación de las astillas es una etapa crítica en la fabricación de tableros de OSB, ya que afecta directamente a las propiedades mecánicas y estructurales del producto final. En esta fase, las astillas de madera desfibrada se colocan de manera estratégica en capas para lograr las características deseadas. El objetivo principal es mejorar la resistencia y la estabilidad del tablero. Aquí se detallan los aspectos clave de esta etapa:

- **Capas externas:** En las capas externas del tablero OSB, las astillas se disponen de manera aleatoria. Esto significa que las astillas se orientan en diferentes direcciones, lo que proporciona al tablero una mayor resistencia a la tracción en todas las direcciones. Esta orientación aleatoria contribuye a prevenir la formación de fisuras y grietas en la superficie del tablero.
- **Capas internas:** En las capas internas del tablero, las astillas se orientan de manera más uniforme. Se distribuyen de forma paralela entre sí, lo que mejora la resistencia a la compresión del tablero. La orientación uniforme en estas capas internas también contribuye a la estabilidad dimensional del tablero, reduciendo la posibilidad de deformaciones.
- **Control de densidad:** La densidad del tablero de OSB se puede controlar ajustando la cantidad de astillas en cada capa y la separación entre ellas. Esto permite a los fabricantes optimizar la resistencia y otras propiedades del producto final de acuerdo con las especificaciones deseadas.
- **Estratificación:** Los tableros de OSB suelen estar compuestos por múltiples capas. Cada capa se coloca en orientación específica y se superpone a las capas adyacentes. La estratificación de las capas contribuye a la integridad estructural del tablero.
- Prensado y compactación:

La mezcla de pasta, compuesta por astillas de madera y adhesivos termoendurecibles, se alimenta en una prensa hidráulica que consta de múltiples zonas, cada una con una función específica:

- **Calentamiento:** Antes de la compresión, las astillas de madera y la mezcla de adhesivo pasan por una zona de calentamiento. Aquí, se aplica calor a la mezcla para activar las resinas termoendurecibles. Este proceso de curado es crucial para que las resinas se endurezcan y proporcionen una unión sólida entre las astillas de madera.
- **Compresión:** Una vez que la mezcla está a la temperatura adecuada, se introduce en una zona de compresión de alta presión. Las astillas de madera se



Ilustración 16 - Compactación de las virutas (Fuente: Tallerdelcuadro)

compactan entre placas metálicas, aplicando presión a través de cilindros hidráulicos. La presión es controlada de manera precisa para garantizar una densidad uniforme en todo el panel.

- **Enfriamiento:** Después de la fase de compresión, el panel prensado se dirige a una zona de enfriamiento controlado. Aquí, se reduce gradualmente la temperatura para permitir que la resina endurezca por completo. Durante este proceso de enfriamiento, el panel retiene su forma y rigidez recién adquiridas.
 - **Corte y dimensionado:** Una vez que el panel ha sido completamente prensado y enfriado, se corta en tamaños específicos según las necesidades del cliente. Las sierras de alta precisión se utilizan para obtener dimensiones precisas y bordes limpios en los tableros de OSB.
- Corte y dimensionado:

Después de la fase de prensado y compactación, los paneles de OSB aún no tienen las dimensiones finales requeridas para su uso en aplicaciones específicas. Por lo tanto, se procede a cortar y dimensionar los paneles en esta etapa:

- **Alimentación a la sierra:** Los paneles de OSB salen de la prensa en una forma de gran tamaño. Estos paneles se alimentan a una sierra, que es una máquina especializada diseñada para realizar cortes precisos y dimensionados según las especificaciones del producto final.
 - **Programación de las dimensiones:** Antes de cortar, se programa la sierra con las dimensiones precisas requeridas para los paneles. Esto incluye la longitud, el ancho y el grosor específicos de los paneles de OSB, que pueden variar según la aplicación.
 - **Corte preciso:** La sierra realiza cortes precisos a lo largo de las dimensiones especificadas. Las cuchillas de la sierra son afiladas y diseñadas para lograr cortes limpios y exactos en los paneles, evitando astillas o imperfecciones en los bordes.
 - **Apilado y transporte:** Después del corte, los paneles de OSB dimensionados se apilan y se preparan para su transporte a la siguiente etapa del proceso. Los paneles pueden ser de diferentes tamaños y espesores, dependiendo de las necesidades del cliente y las especificaciones de producción.
 - **Control de calidad:** Se realiza una inspección de calidad en esta etapa para verificar que los paneles cortados cumplan con las dimensiones precisas especificadas y no presenten defectos visibles en la superficie.
 - **Almacenamiento y empaque:** Una vez que los paneles han pasado la inspección, se almacenan temporalmente y se empaquetan de manera adecuada para su posterior distribución y entrega a los clientes o para su uso en aplicaciones específicas.
- Enfriamiento y Acabado:

Después de pasar por el proceso de prensado y compactación, los paneles de OSB están a una temperatura elevada debido al calor aplicado durante el prensado. El objetivo de esta etapa es permitir que los paneles se enfríen gradualmente para asegurar que la resina adhesiva se endurezca por completo y que los paneles adquieran sus propiedades finales. A continuación, se describen los detalles clave de esta etapa:

- **Enfriamiento controlado:** Los paneles de OSB salen de la prensa a una temperatura elevada. Para evitar que se produzcan tensiones internas no deseadas o deformaciones

en los paneles, se los coloca en un ambiente de enfriamiento controlado. Esto suele ser un túnel de enfriamiento, donde los paneles se desplazan lentamente a través de una serie de zonas con temperaturas descendentes progresivamente.

- **Endurecimiento de la resina:** Durante el proceso de enfriamiento, la resina termoendurecible presente en la mezcla de pasta se solidifica por completo. Esto es esencial para garantizar que los fragmentos de madera queden unidos de forma duradera y que el panel obtenga su resistencia final.
 - **Control de humedad:** Durante el enfriamiento, se monitorea y controla la humedad relativa del ambiente para evitar que los paneles absorban humedad en exceso. Esto es crítico para mantener la estabilidad dimensional de los paneles y prevenir deformaciones.
 - **Inspección visual:** En esta etapa, los paneles se someten a una inspección visual para identificar cualquier defecto superficial, como burbujas de aire, irregularidades en la textura o cualquier otro problema que pueda afectar la apariencia o la calidad del panel.
 - **Lijado y cortes adicionales (si es necesario):** Si se requiere un acabado más suave o si los paneles necesitan ser dimensionados a tamaños específicos, se pueden realizar operaciones de lijado y corte adicionales. Esto se hace para cumplir con las especificaciones exactas del cliente.
 - **Aplicación de etiquetas y marcas:** Se etiquetan los paneles con información relevante, como dimensiones, calidad, identificación de lote y otras características importantes. Esto facilita la identificación y el seguimiento de los paneles en el proceso de distribución y construcción.
- Inspección de calidad:
 - **Pruebas de resistencia mecánica:** Los tableros de OSB se someten a pruebas de resistencia mecánica para garantizar su capacidad de soportar cargas y tensiones. Esto incluye pruebas de flexión, compresión, tracción y cizallamiento. Se utilizan máquinas de prueba para aplicar fuerzas controladas a los paneles y medir su respuesta. Los paneles deben cumplir con los valores específicos de resistencia requeridos por las normativas y estándares aplicables.
 - **Medición de densidad:** La densidad del OSB se mide mediante análisis de la masa y el volumen de los paneles. Esto proporciona información sobre la uniformidad y la compacidad de la estructura del tablero. La densidad es un indicador importante de la calidad y las propiedades mecánicas del OSB.
 - **Control de humedad:** Se realizan pruebas para medir el contenido de humedad de los paneles de OSB. Los paneles deben cumplir con los límites de humedad establecidos para garantizar la estabilidad dimensional y la durabilidad del producto. El exceso de humedad puede debilitar la estructura del OSB y reducir su resistencia.
 - **Pruebas de adherencia de la resina:** Se realizan pruebas de adherencia para verificar la efectividad de las resinas utilizadas en la unión de las astillas. Esto se hace mediante pruebas de pelado, cizallamiento y tracción para asegurarse de que la unión sea sólida y que las astillas estén firmemente unidas al adhesivo. Se requiere una fuerte adhesión para lograr un OSB de alta calidad.
 - **Inspección visual:** Los paneles de OSB se inspeccionan visualmente para detectar cualquier defecto superficial, como grietas, burbujas, astillas sueltas o imperfecciones en

la superficie. Cualquier panel con defectos visibles se descarta o se somete a reparaciones, dependiendo de la gravedad del defecto.

6.4 Empresa distribuidora

Por último, a no ser que la planta de producción está asociada a una empresa para la comercialización, estas empresas han de contactar con los fabricantes de los productos para obtener suministros y comercializar con ellos.

Como se ha podido observar, el proceso que conlleva la producción de los tableros de OSB con madera reciclada procedente de una demolición no implica demasiados intervinientes y proporciona productos de alta calidad para la construcción.



*Ilustración 17 - Venta de tableros
(Fuente: Finsa)*

Se ha realizado el proceso para la producción de tableros de OSB, pero este proceso coincide en la mayoría de sus pasos para la creación de otros tipos de tableros también de madera reciclada.

7 PROPIEDADES Y BENEFICIOS DE LA MADERA RECICLADA Y REUTILIZADA

Los productos derivados de la madera reciclada ofrecen una serie de propiedades y beneficios tanto ambientales como económicos. Aquí te presento algunas de las propiedades y ventajas clave de los productos de madera reciclada:

7.1 Propiedades y características de los productos de madera reciclada:

- **Sostenibilidad:** Uno de los mayores beneficios de los productos de madera reciclada es su contribución a la sostenibilidad. El reciclaje de madera reduce la demanda de árboles frescos y minimiza la deforestación, lo que ayuda a conservar los recursos naturales y a reducir la presión sobre los ecosistemas forestales.
- **Durabilidad:** La madera reciclada, en general, conserva muchas de las propiedades de la madera virgen, como su resistencia y durabilidad. Puede ser utilizada en una amplia variedad de aplicaciones, desde la construcción de muebles hasta la fabricación de revestimientos y suelos.
- **Estética:** La madera reciclada a menudo tiene un aspecto único y atractivo debido a su envejecimiento natural y a las marcas y patrones que ha adquirido con el tiempo. Esto puede ser especialmente deseable en proyectos de diseño y decoración de interiores.
- **Versatilidad:** Los productos de madera reciclada se pueden adaptar a diversas aplicaciones. Pueden ser utilizados en la construcción, la fabricación de muebles, la producción de suelos, la carpintería y muchas otras áreas.
- **Resistencia al fuego y al clima:** Algunos productos de madera reciclada se tratan con retardantes de fuego y selladores para mejorar su resistencia al fuego y su durabilidad en condiciones climáticas adversas.
- **Facilidad de procesamiento:** La madera reciclada se puede trabajar con herramientas y técnicas de procesamiento de madera estándar, lo que facilita su uso en proyectos de construcción y fabricación.

7.2 Beneficios de los productos de madera reciclada:

- **Reducción de residuos:** La reutilización de madera reciclada evita que toneladas de madera terminen en vertederos, lo que reduce la cantidad de residuos sólidos y minimiza el impacto ambiental.
- **Ahorro de recursos:** Al utilizar madera reciclada en lugar de madera virgen, se ahorran recursos naturales, como árboles y energía, que de otro modo se emplearían en la producción de madera nueva.
- **Menor huella de carbono:** La madera reciclada tiende a tener una huella de carbono más baja que la madera virgen, ya que requiere menos energía y emite menos gases de efecto invernadero durante su producción.
- **Cumplimiento de regulaciones y estándares ecológicos:** El uso de productos de madera reciclada puede ayudar a las empresas a cumplir con las regulaciones y

estándares medioambientales, lo que a menudo es beneficioso para su imagen y reputación.

- **Ahorro económico:** En algunos casos, la madera reciclada puede ser más económica que la madera nueva, lo que puede resultar en ahorros significativos en proyectos de construcción y fabricación.
- **Diversidad de diseños:** La madera reciclada ofrece la posibilidad de crear diseños únicos y personalizados debido a su apariencia y carácter distintivos.

En resumen, los productos derivados de la madera reciclada aportan ventajas significativas tanto desde una perspectiva ambiental como económica, lo que los hace una elección atractiva en una variedad de aplicaciones. Estos productos contribuyen a la sostenibilidad, reducen los residuos y ofrecen soluciones duraderas y estéticas para proyectos de construcción y fabricación.

Como se ha visto en el punto la **5. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL USO DE MADERA RECICLADA O REUTILIZACIÓN DE MADERA EN ESPAÑA** madera reciclada no difiere de los otros materiales habitualmente usados para la construcción, al igual que tampoco difiere en gran medida de su homónima aserrada.

El objetivo de este punto, al igual que uno de los objetivos principales de este trabajo, consiste en dar visibilidad a la madera, en este caso específico, a la madera reciclada o reutilizada, ya que es el tema principal de la investigación.

Por ello, a continuación, se mostrarán ejemplos de tipos o productos fabricados a partir de este tipo de material. Además, se dará un listado de numerosas empresas que trabajan en este sector y se ejemplificará de una manera muy breve su aplicación en la construcción por medio de proyectos realizados en España con este tipo de madera.

8.1 Tipos y productos de madera

Alrededor del mundo existen diversos productos o derivados elaborados a partir del reciclaje o la reutilización de la madera, procedente de construcciones, embalajes, mobiliario, etc.

En este punto el trabajo se centra en mostrar los tipos más utilizados en la construcción, tanto como elemento estructural, aislante o revestimiento de este material en el territorio español.

Se dividirán en dos grupos, las maderas obtenidas a partir de reciclaje o maderas reutilizadas.

8.1.1 Madera reutilizada

En primer lugar, nos encontramos con la madera reutilizada, donde podemos encontrar un amplio catálogo de productos provenientes de este material. Esto es debido a que los productos que la utilizan no necesitan que la madera sea muy resistente o tenga unas características especiales, ya que su fin suele ser decorativo.

En este punto se va a hacer mención algunos tipos de madera que se reutiliza, como son:

- Puertas antiguas
- Pallets
- Vigas o Columnas de madera desgastadas
- Cajas de madera
- Mobiliario
- Paneles de madera
- Pavimentos o revestimientos

Estos objetos, como se verá en puntos posteriores, suelen recibir un breve tratamiento contra la pudrición o hongos que puedan aparecer, y se reutilizan con la misma forma que tenían, pero aplicándoles un uso distinto dado que han perdido propiedades a lo largo del tiempo y ya no cumplen con su función o no pueden ser elementos estructurales.

Por otro lado, se expondrán ejemplos de proyectos en el que la reutilización de la estructura de madera es el punto principal para la creación de nuevos espacios o darle otro uso al edificio sobre el que se actúa.

8.1.2 Madera reciclada

Se consideran los tipos más relevantes:

- **OSB (tableros de virutas orientadas):** es un tipo de panel estructural fabricado a partir de virutas de madera orientadas y adheridas con resinas sintéticas. Se utiliza ampliamente en la construcción como un sustituto versátil y económico de la madera contrachapada y otros materiales de construcción. Su proceso de elaboración consiste en despedazar la madera en virutas, las cuales se orientan en direcciones específicas para obtener resistencia y estabilidad. Estas virutas han de secarse para eliminar humedad y son mezcladas con adhesivos para su cohesión. Por último, esta mezcla se prensa para obtener los paneles de OSB. Estos tableros se caracterizan por su estructura multicapa y su resistencia mecánica. La orientación de las virutas en capas alternas proporciona una mayor estabilidad dimensional y resistencia a la flexión, lo que lo hace adecuado para aplicaciones estructurales en la construcción, como paneles de pared, suelos, techos y encofrados.



Ilustración 18 - Tablero OSB (Fuente: Leroy Merlín)

- **DMF (madera de densidad media):** es un tipo de tablero de fibra de madera que se utiliza ampliamente en la industria de la construcción y la fabricación de muebles. Se fabrica mediante la combinación de fibras de madera con resinas sintéticas y aditivos, que se prensan y se calientan para formar un tablero denso y uniforme. Está compuesto principalmente por fibras de madera desfibradas, que son finas y de tamaño uniforme, mezcladas con adhesivos y prensadas bajo alta presión y temperatura.



Ilustración 19 - Tablero DMF (Fuente: Leroy Merlín)

Se caracteriza por tener una textura suave y homogénea, lo que lo hace ideal para aplicaciones donde se requiere una superficie plana y uniforme. Es un material versátil que se utiliza en la fabricación de muebles, puertas, molduras, paneles decorativos, revestimientos de paredes, entre otros productos. Hay que destacar que el MDF no es resistente a la humedad y no debe exponerse a condiciones de este tipo ni al exterior sin protegerlo adecuadamente.

- **HDF (madera de densidad alta):** al igual que el anterior, es un tipo de tablero de fibra de madera que se utiliza ampliamente en la industria de la construcción y la fabricación de muebles. Se fabrica mediante la compresión de fibras de madera junto con resinas y adhesivos, bajo alta presión y temperatura. Se caracteriza por su densidad y resistencia, lo que lo hace ideal para aplicaciones que requieren un material fuerte y duradero.



Ilustración 20 - Tablero HDF (Fuente: Emedc)

Se caracteriza por su alta densidad y resistencia, lo que lo hace adecuado para aplicaciones que requieren un material sólido y duradero. Se utiliza comúnmente en la fabricación de pisos laminados, revestimientos de pared, muebles, puertas y otros productos donde se necesita una superficie resistente al desgaste y de alta calidad. Hay que destacar que el HDF presenta la misma debilidad contra la humedad que el ejemplo anterior, y se ha de actuar de igual manera.

- **Tablero aglomerado:** también conocida como aglomerado de madera, es un tipo de tablero compuesto fabricado a partir de partículas de madera y adhesivos.



Ilustración 21 - Tablero aglomerado (Fuente: Leroy Merlín)

Se produce mediante la combinación de partículas de madera, como astillas, virutas y serrín, con adhesivos y otros aditivos. Estas partículas se prensan y se calientan para formar un tablero sólido y denso, con una superficie plana y homogénea.

Se caracteriza por su alta densidad y resistencia. Se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, como la fabricación de muebles, puertas, armarios, estanterías, paneles decorativos y divisiones interiores.

- **Madera LSL (tablero de virutas laminadas):** es un tipo de madera estructural fabricada mediante la unión de hebras de madera orientadas y encoladas.



Ilustración 22 - Madera LSL (Fuente: Ecohabitar)

Se fabrica mediante la disposición de hebras de madera alineadas y encoladas junto con adhesivos de alta resistencia. Estas hebras de madera se organizan de forma paralela y se unen mediante un proceso de laminación, generando un tablero de madera estructural con propiedades mecánicas consistentes y predecibles.

Se utiliza principalmente en aplicaciones estructurales, como vigas, columnas, elementos de piso y otros componentes de construcción. Proporciona una alternativa duradera y confiable a la madera aserrada tradicional, con un mejor control de calidad y una mayor capacidad de carga.

- **Lana de madera:** es un material aislante térmico y acústico fabricado a partir de fibras de madera.

Se fabrica a partir de fibras de madera, que se aglutinan mediante adhesivos y se compactan en forma de paneles o mantas. Estas fibras de madera se procesan y tratan para lograr propiedades aislantes, como resistencia térmica y absorción acústica.

Se utiliza principalmente como material aislante térmico y acústico en edificios residenciales, comerciales e industriales. Proporciona una buena resistencia térmica, contribuye a la reducción de la transferencia de calor y puede ayudar a mejorar la eficiencia energética de los edificios. Además, tiene propiedades de absorción acústica, lo que la hace adecuada para mejorar el confort acústico en espacios interiores.



Ilustración 23 - Lana de madera (Fuente: Knauf)

- **Madera sintética:** es un material fabricado que imita las características estéticas de la madera natural, pero está compuesto principalmente por polímeros y fibras sintéticas y naturales.

Se fabrica a partir de una mezcla de polímeros y fibras naturales y sintéticas, que se procesan y moldean para imitar la apariencia y las propiedades de la madera natural. Esta mezcla se combina con aditivos, colorantes y estabilizadores para mejorar las características del material.

Se utiliza en una variedad de aplicaciones, como revestimientos de fachadas, tarimas, vallas, muebles de exterior y otros productos donde se desea una apariencia similar a la madera natural, pero con propiedades mejoradas de resistencia, durabilidad y mantenimiento reducido. Al ser un material sintético, no está sujeto a las mismas limitaciones y desgaste que puede experimentar la madera natural, como la podredumbre, las termitas o la deformación por cambios de humedad



Ilustración 24 -- Madera sintética (Fuente: Leroy Merlin)

Estos son algunos de los productos donde el reciclaje de madera tiene mayor presencia, ya que estos materiales se fabrican a partir de triturar o desgarrar la madera, por lo que no es necesario que esta madera usada sea de procedencia forestal, aunque sí que tiene mejores propiedades.

Además de las aplicaciones que tienen estos tipos de materiales de una manera propia, también existen otros productos de los que estos forman parte, por ejemplo:

- **Panel sándwich de madera:** es un tipo de panel estructural compuesto por capas de madera y un núcleo aislante en el medio.

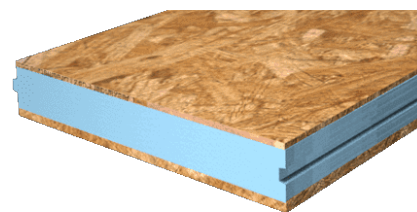


Ilustración 25 - Panel sándwich
(Fuente: Teznocuber)


Se trata de una estructura compuesta por dos capas exteriores de madera (generalmente contrachapado, OSB u otro tipo de tablero de madera) y un núcleo aislante en el medio. El núcleo aislante puede ser de poliestireno expandido (EPS), poliuretano (PU), poliestireno extruido (XPS) u otro material aislante.


Se utiliza en una variedad de aplicaciones, tanto en construcción residencial como comercial. Se emplea comúnmente en techos, paredes, suelos y fachadas, proporcionando aislamiento térmico, acústico y estructural. Debido a su diseño de capas, los paneles sándwich de madera tienen una alta resistencia y rigidez, al tiempo que ofrecen un buen rendimiento en términos de eficiencia energética.


8.2 Fabricantes


A lo largo del territorio nacional existen distintas empresas y comercios que elaboran productos de madera, ya sea a partir de madera nueva o de madera reciclada. Así mismo, existen otras empresas dentro del mundo del mobiliario y del diseño que producen mobiliario reutilizando elementos de madera como puertas, pallets o incluso vigas o pilares para crear elementos de decoración.


A continuación, se presentan algunas empresas del sector:


EMPRESA	Sonae Arauco España-Soluciones de Madera, S. L	
LOCALIZACIÓN	Ramírez de Arellano, 21 – 2º Piso C.P. 28043 Madrid	
PRODCUTOS	Tableros OSB, Tableros partículas, Tableros MD, Tableros fibras	


EMPRESA	Federación Española de Industrias de la Madera. FEIM	
LOCALIZACIÓN	Hileras, 17 1º-C C.P. 28013 Madrid	
PRODCUTOS	Tableros partículas, Tableros MD, embalajes	


EMPRESA	Dioco Global Trading, S.L.	
LOCALIZACIÓN	San Sebastián, 2 C.P. 29340 Cañete la Real (Málaga)	
PRODCUTOS	Madera sintética	


EMPRESA	Gabarró Hermanos, S.A.	
LOCALIZACIÓN	Cta. Torre Romeu, s/n C.P. 08202 Sabadell (Barcelona)	
PRODCUTOS	Madera sintética, Tableros OSB, Tableros partículas, CLT	


EMPRESA	Maderas J. Redondo, S.L.	
LOCALIZACIÓN	Pol. Ind. de Bamio. 52 C.P. 36600 Villagarcía de Arosa (Pontevedra)	
PRODCUTOS	Madera sintética, Tableros OSB, Tableros partículas, Tableros LVL	


EMPRESA	Carpintería Paco, S.L. Spigogroup	
LOCALIZACIÓN	Polg. I. Cantabria II, C/Las Cañas, 19 C.P. 26009 Logroño (La Rioja)	
PRODCUTOS	Paneles acústicos	

EMPRESA	Onduline SAU	
LOCALIZACIÓN	Pol. Ind. El Campillo FII, P12 C.P. 48500 Gallarta (Vizcaya)	
PRODCUTOS	Paneles sándwich estructurales SIP	


EMPRESA	Jesfer, Mecanizados y Montajes en Madera S.L.	
LOCALIZACIÓN	Pablo Neruda, 2 Pog. Ind. Canal de los Monegros C.P. 22270 Almudevar (Huesca)	
PRODCUTOS	CLT	


EMPRESA	Fustes Sebastia S.L.	
LOCALIZACIÓN	Ctra. Balaguer a Francia, Km. 98,5 C.P. 25594 Rialp (Lleida)	
PRODCUTOS	CLT, Tableros OSB, Tableros partículas	

EMPRESA	TRC Estructuras de Madera, S.L.U.	
LOCALIZACIÓN	Pol. Industrial La Mora - Pº de la Acacia, 7 C.P. 47193 La Cistèrniga (Valladolid)	
PRODCUTOS	Tableros LVL, Tableros partículas	

EMPRESA	Financiera Maderera S.A. - FINSA	
LOCALIZACIÓN	Ctra. de la Coruña, Km.57 C.P. 15700 Santiago de Compostela (La Coruña)	
PRODCUTOS	Tableros MD, Tableros partículas	

EMPRESA	Finsa - Fábrica de Cella	
LOCALIZACIÓN	Partida de las Hazas, s/n C.P. 44370 Cella (Teruel)	
PRODCUTOS	Tableros MD, Tableros partículas	

EMPRESA	Maderas Varona, S.L.	
LOCALIZACIÓN	Ctra. Burgos-Santander, Km. 136 C.P. 39612 Parbayón (Cantabria)	
PRODCUTOS	Tableros MD, Tableros partículas, Tableros OSB	

EMPRESA	ANTICUABLE	
LOCALIZACIÓN	Cruz del Sur, 4 C.P. 30507 Molina de Segura (Murcia)	
PRODCUTOS	Elementos recuperados de madera	

Como se puede observar en la tabla anterior, existen empresas en varios puntos de España con una variedad distinta de productos entre ellas.

8.3 Ejemplos de uso de la madera reciclada o reutilizada

Este apartado se divide en dos apartados, ya sean ejemplos de madera reutilizada y otro de madera reciclada. Asimismo, hay un tercer apartado de **8.3.3 Estudio de proye** en el que se expondrán diferentes edificios, proyectos, con distinta extensión, alcance, etc. De este modo se verá la diferencia de estos conceptos y los distintos usos que se le da a un tipo y al otro

8.3.1 Madera reutilizada

Es cierto que la reutilización de la madera es un proceso que se ha llevado a cabo a lo largo de la historia. Hay numerosos ejemplos de mobiliario y decoración donde se utiliza madera proveniente de embalajes o residuos de la construcción. Esta práctica de reutilización no solo contribuye a reducir el desperdicio de recursos naturales, sino que también brinda la oportunidad de dar nueva vida a la madera y crear piezas únicas y originales con un enfoque sostenible. Además, el uso de madera reutilizada puede agregar un carácter distintivo y rústico a los muebles y elementos decorativos.

A continuación, se mostrarán algunos muebles realizados con este tipo de madera:



Ilustración 26 – Mueble de madera reutilizada (Pinterest)



Ilustración 27- Mesa de un pilar de madera (Pinterest)



Ilustración 28 – Mesa hecha con una puerta (Pinterest)



Ilustración 29 – Espejos con puerta de soporte (Pinterest)



Ilustración 30 - Pallet macetero (Pinterest)



Ilustración 31 - Pallet mesa (Pinterest)



Ilustración 32 - Banco de viga (Pinterest)



Ilustración 33 - Soporte luminarias de viga (Pinterest)



Ilustración 34 – Pilar reforzado (Pinterest)



Ilustración 35 - Viga reforzada (Pinterest)

En las últimas dos imágenes se puede apreciar que, con un refuerzo, la estructura de madera puede ser reutilizada. Es decir, no hay que retirar las piezas ni cortarlas para que puedan ser reutilizadas, sino que pueden ser reforzadas y tratadas in situ de modo que puedan seguir cumpliendo con su función estructural durante un tiempo más prolongado.

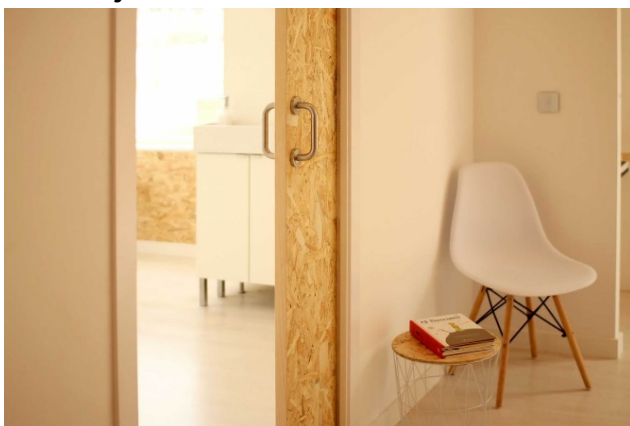
Como se puede apreciar, el principal uso de la madera reutilizada recae sobre el mobiliario. Esto es debido a que los elementos de madera se cortan en piezas más pequeñas o solo se puede aprovechar una parte de lo que fuera una viga o un pilar. Además, este tipo de madera ha perdido propiedades durante su vida útil por lo que se les aplique un uso menos exigente a partir de su reutilización.

8.3.2 Madera reciclada

Como hemos visto anteriormente, existen diversos tipos de madera proveniente de un proceso de reciclaje de otras maderas para conformar los nuevos productos. Aquí se muestran algunos proyectos en los que esta madera ha sido un elemento principal:

OSB

Clínica Maja



Cronoslab arquitectura

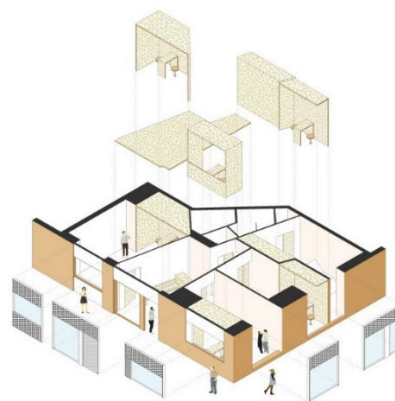


Ilustración 36 – Vista interior e Ilustración 37 – Axonometría (Fuente: Archdaily)

Se propone la creación de un espacio único con una identidad distintiva, donde la materialidad asume el papel principal del proyecto, partiendo del concepto de singularidad.

Cada sala de la clínica cuenta con un módulo de madera OSB que sirve como espacio de reunión y está especialmente diseñado para ese fin.

Tótems



Orekari Estudio + Enter This



Ilustración 38 – Tótem abierto e Ilustración 39 – Tótem cerrado (Fuente: Archdaily)

Esta iniciativa surge de la necesidad de cuestionar el edificio en el que habitamos, con el objetivo de reevaluar sus necesidades y posibilidades, y así crear nuevos usos a través de un diálogo abierto y constante con la comunidad en la que se encuentra insertado.

La estructura de la clínica está compuesta por un esqueleto metálico y está revestida con una piel de policarbonato celular, haciendo un pequeño homenaje a los invernaderos característicos de la zona. Esta envolvente impermeable protege los elementos de madera OSB en su interior.

Cabaña del (sinantro)amor, morada del (tele)trabajo



Husos Architects



Ilustración 40 – Comedor e Ilustración 41 – Vista interior (Fuente: Archdaily)

Este proyecto se ubica en una urbanización situada en un pinar adyacente a una ZEPA (Zona Especial de Protección para las Aves), formando parte de una zona con una gran riqueza en biodiversidad que actualmente se encuentra amenazada. El proyecto consiste en una cabaña socio-bioclimática y multiusos destinada a una pareja migrante y su familia extendida

La estructura de las cabañas está hecha con madera de pino, pero el revestimiento interior está conformado de tableros OSB

LSL

Universidad Corporativa de Telefónica en el Parc de Bell-Ilo

Batlleiroig

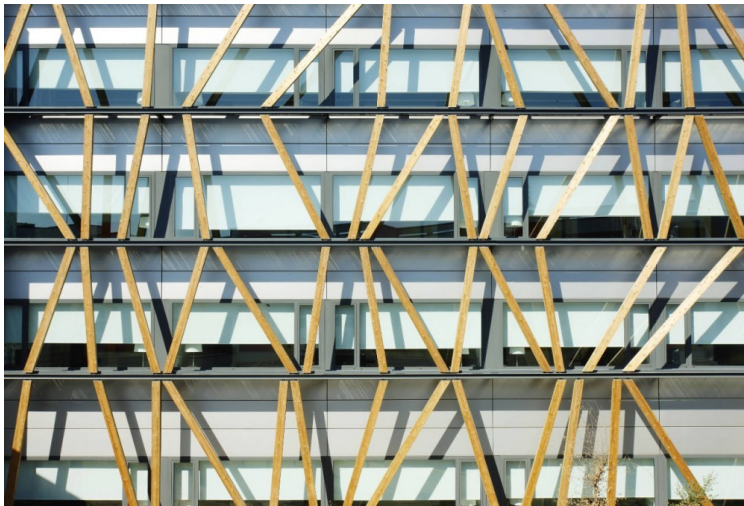


Ilustración 42 – Fachada sur e Ilustración 43 – Detalle de fachada (Fuente: Archdaily)

Se plantea la adaptación de los edificios existentes para albergar el proyecto de un Campus de la Universidad Corporativa de Telefónica (UCT), con el propósito de brindar un espacio adecuado para la realización de programas de desarrollo continuo para su equipo directivo.

La celosía que rodea a los edificios está hecha con elementos de madera LSL

Madera aglomerada

Vivienda unifamiliar prefabricada en madera

Daniel Martí + Jurgen Van Wereld + Karin Giesberts



Ilustración 44 - Fachada norte e Ilustración 45 – Proceso constructivo (Fuente: Archdaily)

El diseño de esta vivienda unifamiliar se inspira en el estudio de nuevos métodos de construcción basados en la prefabricación y la estandarización. Se busca aprovechar las ventajas de estos enfoques para lograr una construcción eficiente y de alta calidad en términos de tiempo, costos y sostenibilidad.

Encontramos en la cubierta tabloneros exteriores son de madera aglomerada y el suelo está hecho con paneles sándwich de madera+ aislante + madera, también de madera aglomerada

Paneles ligeros de lana de madera

Dos casas en Vidrà



Sau Taller d'Arquitectura



Ilustración 46 – Fachada norte e Ilustración 47 – Fachada sur (Fuente: Archdaily)

Este proyecto es promovido por Carpintería Vivet de Vidrà, propietaria del terreno. Los principales objetivos de este proyecto son lograr un bajo impacto ambiental y alta eficiencia energética. Además, se busca ofrecer un producto de alta calidad a un costo competitivo y, por último, diseñar una arquitectura que se integre armoniosamente con el paisaje circundante.

Además, de todos los elementos de madera vista que se encuentran en la vivienda, existen unos paneles de fibra de madera ocultos a modo de aislante.

8.3.3 Estudio de proyectos

Bodega Mas Rodó de SALA FERUSIC Arquitectos (Penedes, Barcelona)

Memoria según los propios arquitectos:

“La bodega Mas Rodó consiste en una reforma y adecuación de una nave agrícola construida en los años setenta sobre las preexistencias de la antigua masía del siglo XVIII en la que, sin apenas intervenir en la estructura, se ha actuado para definir una imagen y condicionar el espacio para una producción vinícola contemporánea.”



Ilustración 48 - Bodega Mas Rodó (Fuente: Archdaily)



Ilustración 49 - Vista patio interior (Fuente: Archdaily)

Como se puede apreciar en las imágenes, se mantiene la esencia de lo que en su día fue una masía, con el sistema estructural de la época, como se puede apreciar en la imagen de la derecha. Tanto el

forjado de cubierta como el forjado de planta primera mantienen los elementos horizontales de madera, siendo estos los sustentos del edificio.

Bodegas de Viña Elena de Santa-Cruz Arquitectura (Jumilla, Murcia)

Resumen del proyecto en palabras de los arquitectos:

“Se busca potenciar la idea de conjunto del complejo, actualmente resultado de la yuxtaposición de estilos y materialidades dispares, para consolidar una imagen de unidad, diseño y calidad espacial. Se propone la coexistencia de la arquitectura tradicional con la contemporánea, respetando el entorno y los edificios preexistentes, que se conservan prácticamente tal como son. En el exterior, para aportar unidad a todo el conjunto, se introduce una ligera piel vegetal que abraza y protege lo existente y es capaz de crear nuevos espacios fieles a la identidad y los valores de la familia.”



Ilustración 50 - Bodegas de viña Elena (Fuente: Archdaily)

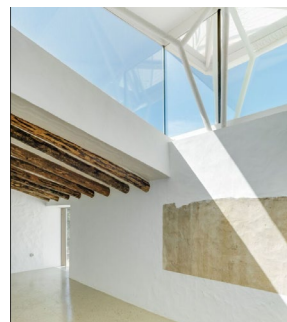


Ilustración 51 - Vista interior (Fuente: Archdaily)



Ilustración 52 - Vista patio cubierto (Fuente: Archdaily)

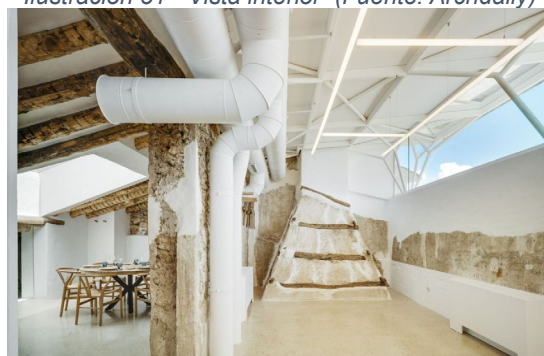


Ilustración 53 - Vista terraza cubierta (Fuente: Archdaily)

En este proyecto se combina la arquitectura contemporánea con la tradicional presente en los edificios existentes, manteniendo y reutilizando los elementos de madera en ellos presentes, ya sea como parte de la estructura como elementos decorativos.

Edificio de oficinas Ombú de Foster + Partners (Madrid, Madrid)

Descripción del proyecto por parte de los arquitectos:

Ombú, un edificio de oficinas transformador para la empresa española de infraestructuras y energía ACCIONA, ha sido inaugurado oficialmente. Este proyecto de modernización da nueva vida a un edificio industrial histórico en Madrid, creando un ejemplo sostenible de reutilización de edificios y revitalizando el área circundante. Con más de 10.000 metros cuadrados de nuevo espacio para oficinas, el proyecto unifica una combinación única de terreno público y privado con un paisaje verde que se extiende hasta la estación contigua Méndez Álvaro.



Ilustración 54 - Fachada principal (Fuente: Archdaily)



Ilustración 55 - Interior del edificio (Fuente: Archdaily)

En este proyecto, además de mantener gran parte de la estructura del edificio original, también lo hacen con la cubierta de madera que apoya sobre las cerchas metálicas, manteniendo así la envolvente al completo de la nave industrial, y creando otro ejemplo de reutilización de elementos de madera en proyecto actuales como puede ser este edificio re-creado por Norman Foster.

La Lonja de la Seda (Valencia, Valencia)

En uno de los edificios emblema de la ciudad de Valencia, encontramos un claro ejemplo de reutilización de madera, más concretamente en el Consulado del Mar.

En el lado izquierdo del patio de los Naranjos se halla el Consulado del Mar, una institución donde los jueces y cónsules de comercio se reunían para tratar asuntos relacionados con el comercio y la navegación. Inicialmente concebido por Pere Compte, tras su fallecimiento, la construcción continuó a cargo de Joan Corbera y fue finalizada por Domingo Urtiaga, originario de Guipúzcoa. Este consulado tiene forma rectangular y presenta un estilo renacentista, habiéndose adosado literalmente al muro oeste de la lonja original.

Siguiendo la apreciación de Manuel Sanchis Guarnier, el Consulado, con su decoración rica y fuertemente influenciada por el estilo italiano, se complementa de manera armoniosa con la Sala de Contratación de estilo gótico.

En la primera planta, se encuentra la Cámara Dorada, accesible a través de una escalera de piedra que parte del patio de los Naranjos. La cámara está adornada con un techo de madera que se construyó entre 1418 y 1445. Este techo, de madera policromada, fue rescatado de la antigua Casa de la Ciudad cuando esta fue derribada en el siglo XIX y se encajó con gran maestría en la Cámara Dorada. La estructura cuenta con cientos de elementos decorativos de carácter zodiacal, bélico, grotesco, quimérico, vegetal, musical y heráldico, incluyendo múltiples representaciones del escudo de la ciudad de Valencia.

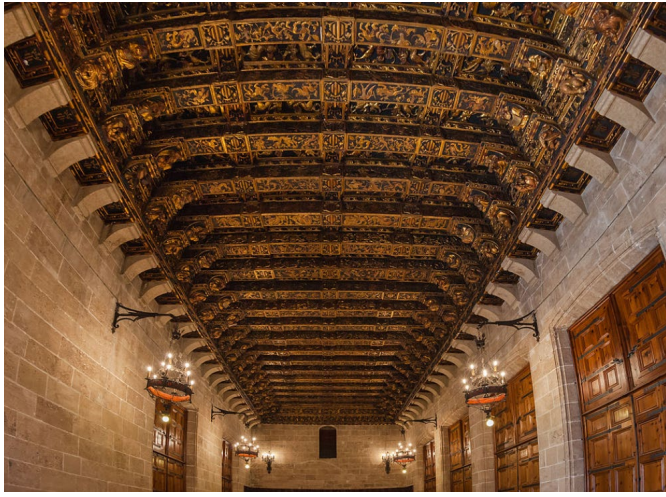


Ilustración 56 - Interior Consulado del Mar (Fuente: Diego Delso)

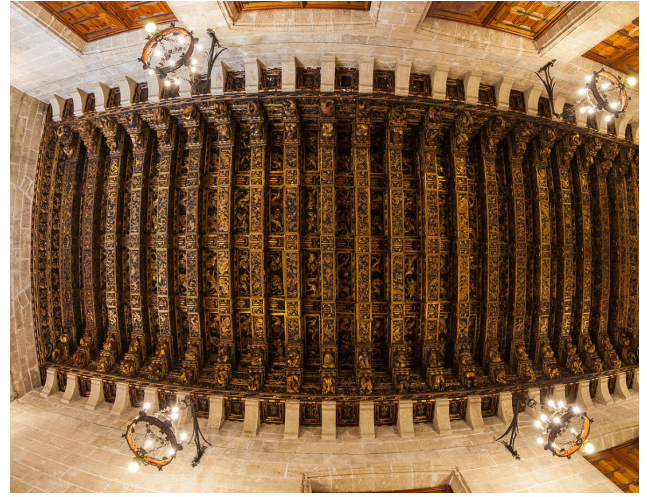


Ilustración 57 - Techo de la sala Consulado del Mar (Fuente: Diego Delso)

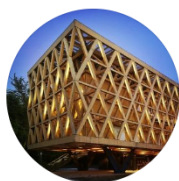
Como se puede apreciar, hay ocasiones en que la reutilización no se trata de un elemento puntual, puede ser también de una estancia entera o parte de ella como es el caso de la sala Consulado del Mar de La Lonja de la Seda de Valencia.

Estos son solo algunos de los proyectos recientes que se han logrado con la reutilización de madera. Creando así precedentes y sirviendo de ejemplo de camino que seguir para conseguir una arquitectura más sostenible y respetuosa con el medioambiente.

8.4 Difusión digital. Red social

En la actualidad, para lograr visibilidad de cualquier idea, producto, comunicación, entre otros, es necesario utilizar las pantallas y la red, dado que todos estamos de alguna manera conectados a ellas y tienen la capacidad de alcanzar a un amplio público.

Considerando este contexto y con el propósito de aumentar la visibilidad de las construcciones y proyectos que involucran el uso de madera, especialmente aquellos que utilizan productos reciclados o reutilizados, se ha optado por emplear las redes sociales como medio de difusión. En particular, se ha elegido Instagram, una plataforma social ampliamente popular entre los jóvenes, que se ha convertido en un escaparate destacado para diversas marcas, abarcando desde ropa y alimentos hasta medios de comunicación, entre otros.



maderanewera

Editar perfil

Ver archivo



2 publicaciones

10 seguidores

21 seguidos

New Era - Madera

Esta cuenta nace como medio de difusión de la utilización de madera reciclada como alternativa en elementos de construcción

Ilustración 58- Encabezado perfil de Instagram (Fuente: propia)

En la ilustración adjunta se muestra el perfil de Instagram creado, el cual tiene el nombre de usuario @maderanewera. Este nombre debe ser utilizado en la aplicación para encontrar el perfil. Además, se pueden observar el número de publicaciones realizadas hasta la fecha, así como el número de seguidores y personas seguidas por la cuenta. Es importante destacar que se puede acceder a la aplicación tanto desde un ordenador como desde un smartphone, aunque la opción del smartphone resulta más adecuada para aprovechar todas las funcionalidades disponibles, dado que la plataforma está diseñada principalmente para ser utilizada en dispositivos móviles.

A continuación, se adjunta una captura de la feed del perfil (es el tablero principal del perfil donde la gente puede ver de manera rápida las publicaciones).

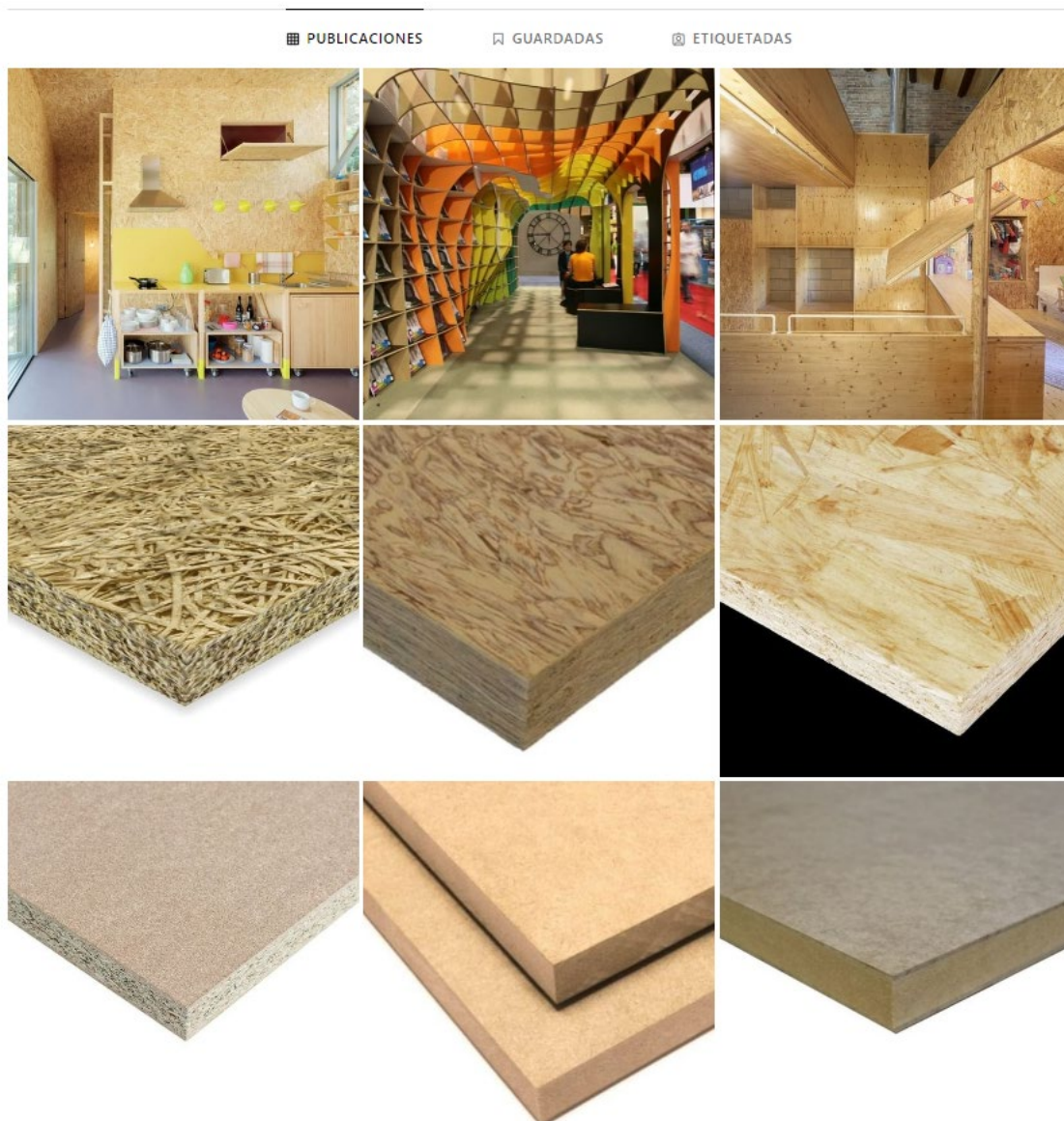
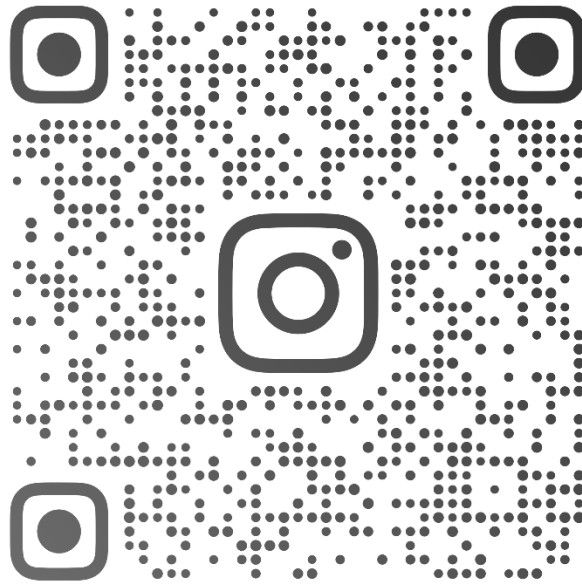


Ilustración 59 – Publicaciones del perfil Instagram (Fuente: propia)

Aquí se pueden ver proyectos y materiales que se han ido exponiendo a lo largo del presente trabajo, cada una de estas publicaciones va acompañada de una breve descripción, ya sea un producto o un proyecto.



MADERANEWERA

Ilustración 60 - Código QR perfil Instagram (Elaboración propia)

A través de este código QR se puede acceder al perfil [@maderanewera](#) de Instagram.

8.5 Fichas técnicas

Otro método elaborado para dar visibilidad al uso de la madera reciclada es el de crear un manual con fichas técnicas del material, donde se enumeran características, uso, dimensiones, etc. De este material, además de, en algunos casos, incluir algún proyecto donde ha sido utilizado.

Estas fichas formaran parte de la documentación anexa a este Trabajo de Fin de Grado.

9 CONCLUSIONES

El presente trabajo de final de grado, como anteriormente se ha desarrollado, pretende dar visibilidad al uso de la madera reciclada y a la reutilización de madera en el sector de la construcción, ya sea como elemento estructural, decorativo o mobiliario. Tras una revisión de empresas y productos y de casos de proyectos, se ha logrado conseguir ejemplificar el uso de este material en proyectos actuales.

Por otro lado, como venimos diciendo a lo largo del trabajo, una vez este se ha comprendido de manera teórica la definición de este material y sus usos, solo queda llevarlo a la práctica. De este modo, el fin último de este proyecto pretende ser el de una guía a la que acudir para obtener información de los distintos tipos de madera reciclada que existen actualmente en el mercado, así como sus fabricantes y el poder ver ejemplos de como se pueden reutilizar los distintos tipos de madera, ya sea una puerta, una viga o un pallet.

Para ello, se ha hecho una revisión de como ha evolucionado el uso de la madera a lo largo de la historia, así como este uso afecta al planeta, como es el caso de las distintas deforestaciones que han surgido a lo largo de la historia, creando una alerta sobre este tema y siendo origen de distintos proyectos y medidas para contrarrestarlo, como es el reciclaje o reutilización de la madera procedente de obra, principalmente.

El trabajo trata de una propuesta de catálogo de productos de madera reciclada dirigida a arquitectos cuya motivación a la hora de diseñar es crear de una forma sostenible y respetuosa con el medioambiente, beneficiando además a las futuras generaciones. Dado que, si se consigue fomentar el uso de materiales reciclados y reducir la explotación de bosque, como en este caso, se construirá un planeta con un ambiente más limpio y sin preocupación de agotar las fuentes de producción de los materiales.

Sin duda, el no haber podido llevar a un caso práctico propio ha sido un punto de flaqueza de este trabajo. No obstante, el hecho de haber podido obtener información de forma bibliográfica y a través de contactos con expertos en el sector, ha facilitado mi trabajo. De este modo, algunas de las ideas presentadas en este trabajo nacen de estas conversaciones. Espero que, en un futuro, no muy lejano, pueda llevar a la práctica la información aquí recogida, ya sea en el Trabajo de Fin de Máster, o posteriormente, de una manera profesional, en algún proyecto propio.

Para concluir, en primer lugar, he de resaltar que la realización de este trabajo ha supuesto un gran enriquecimiento profesional en el ámbito de la construcción y de los materiales disponibles para la misma. Me ha permitido conocer de una manera más cercana la utilidad de la madera reciclada a la hora de ser un elemento estructural y los distintos tipos que existen de la misma en la actualidad, de la cual he sido siempre curioso, ya sea en su forma aserrada como en esta que en el trabajo se desarrolla.

En segundo lugar, quiero comentar que el presente trabajo ha supuesto un reto hacia los conocimientos adquiridos en cuanto a construcción y diseño se trata. Durante la carrera hemos estudiado materiales, más concretamente hormigón y acero, sobre los cuales se supone que tenemos un conocimiento

bastante amplio, pero ha sido al enfrentarme a este Trabajo de Fin de Grado cuando me he dado cuenta que poco conocimiento obtenemos del sistema educativo, siendo la mejor opción para aprender la de leer y buscar información por uno mismo, a la vez que se te va cuestionando que se puede llegar a hacer y que no, y el como hacerlo o que herramientas tenemos para ello.

Sin embargo, mi motivación e interés sobre el tema escogido, ha hecho que mi trabajo fuera más ameno, consiguiendo, en mi opinión, ilustrar y reflejar de la mejor manera posible todo lo aprendido respecto a este material que tan útil y necesario llegara a ser en un futuro no muy lejano para los arquitectos mas arraigados a la idea de sostenibilidad.

Para acabar, considero que mis ganas por saber sobre los distintos materiales que nos rodean y están a nuestro alcance, y que de una manera u otra van a lograr que nuestro planeta perdure vital aún más tiempo del que ya tiene; van a estar persistiendo siempre.

Este trabajo, principalmente, se ha focalizado en el marco más teórico de la reutilización y reciclaje de la madera, así como en ver las distintas opciones y posibilidades que existen de este producto a nivel nacional. Además, de ejemplificar el uso que se ha ido dando durante los últimos años con proyectos en los que este ha sido el principal material.

De manera general, el trabajo sirve para adentrarse al mundo de la madera, más precisamente en maderas no nuevas o de no procedencia forestal, aprovechando los recursos que obtenemos de demoliciones de construcciones o elementos que han perdido sus propiedades.

Pese a este breve análisis, este tema ofrece muchas otras posibilidades sobre las que se podría trabajar. Algunas de ellas son las siguientes:

- **Proceso de un elemento desde su retirada de una construcción hasta convertirse en otro elemento:** en este trabajo la idea sería seguir el proceso de retirada, su clasificación como residuos de construcción, su llegada a la planta de reciclaje y su proceso de limpieza, pasando por la planta de producción en la que pasara a formar parte de un nuevo producto, ya sea manteniendo su forma o siendo virutas, finalizando este proceso en su colocación en una nueva construcción, cerrado así el círculo.
- **Análisis del proceso de producción:** este punto ofrece la posibilidad de estudiar el proceso de la madera al igual que el anterior, pero profundizando en la fabricación de nuevos productos. Se recomienda su utilización como una manera de combatir la contaminación, pero durante su fabricación se emiten gases y desechos químicos que van en contra de la sostenibilidad y emisiones cero que promueve la utilización de la madera. Se analizarán los productos de tratamiento de la madera, así como las colas o pegamentos que se usan.
- **Remodelado de una estructura convencional en madera:** la idea de este trabajo sería tomar un proyecto conocido de estructura de hormigón o metálica y construirlo con elementos de madera y analizar las nuevas dimensiones de estos elementos, su disposición, sus características, etc. Una vez se obtengan los nuevos cálculos se compararían con el original.
- **Usos alternativos de la madera reciclada:** además de los usos en el ámbito de la construcción esta madera puede tener otros usos, ya sea como material en si mismo, por ejemplo, el pellet o funcionando como aditivo a otro material para mejorar sus propiedades características, por ejemplo, el hormigón con celulosa de madera.

Como se menciona en el apartado anterior, el tema tratado en este trabajo es muy amplio y se pueden realizar distintas investigaciones o análisis sobre el uso de madera reciclada o reutilizada en la construcción. Además, tras la realización del presente trabajo, he podido observar otros puntos sobre los que se puede trabajar para ahondar más en el tema.

APLICACIÓN DEL TEMA EN TRABAJO FIN DE MÁSTER

Este Trabajo Fin de Grado será una de las fuentes en las que se base el Trabajo Fin de Máster puesto que este consistirá en la rehabilitación y ampliación de una bodega cooperativa San Andrés Apóstol situada en Campillo de Altobuey, un pequeño municipio situado en Cuenca.

El edificio sobre el que se pretende hacer la actuación se encuentra en la periferia junto a la zona industrial del municipio. Actualmente la cooperativa cuenta con 5 naves, 3 de ellas con uso de almacenaje y las otras 2 sin uso actualmente. La nave principal cuenta con una fachada muy característica que todo vecino del pueblo identifica como suya, siendo estas de las razones por las que la idea del proyecto está dirigida a rehabilitar los edificios existentes antes que a demoler y crear una bodega de nueva planta.



Ilustración 61 - Fachada principal (Fuente: propia)



Ilustración 62 - Vista aérea (Fuente: propia)

Los edificios datan de 1945, por lo que su sistema estructural se basa en muros de mampostería para los cerramientos y cubierta de teja sobre cerchas de madera. El proyecto se orienta a mantener en todos los casos posibles estos sistemas estructurales sin realizar cambios grotescos en ellos.

Por esta razón, la investigación y estudio realizado a lo largo del presente trabajo será un pilar fundamental para argumentar la idea de restaurar y no demoler, aprovechando los recursos y materiales existentes en estos edificios.

A continuación, se adjunta unas fotos de las cubiertas de madera, dado que son la parte del proyecto que tiene relación con este Trabajo Fin de Grado.



Ilustración 63 – Almacén 1 (Fuente: propia)



Ilustración 64 - Almacén 2 (Fuente: propia)



Ilustración 65- Bodega (Fuente: propia)



Ilustración 66 – Bajo cubierta (Fuente: propia)

Como se puede apreciar, existen tanto elementos en buen estado listos para ser reutilizados como otros elementos que han perdido sus capacidades mecánicas y deberán ser desmontadas para su posterior clasificación y reciclaje, siguiendo el proceso explicado anteriormente en el apartado **6. PROCESO DE RECICLAJE DE MADERA Y FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DERIVADOS.**

De manera breve y sin entrar mucho en detalle, el proyecto consistirá en la rehabilitación de una bodega actualmente sin uso. Para ello se propone acondicionar los edificios existentes, además de construir nuevos edificios que complementen el programa actual; resultando en una nueva bodega con zona de crianza, de elaboración y de embotellado, y una pequeña zona social con opción a alojamiento.

Para lograr que la cadena de producción, que va desde la uva recogida hasta la botella de vino, se plantea la idea de comunicar todos los edificios, nuevos y existentes, de manera que el proceso sea continuo en un mismo edificio.

El diseño resultará a vista de usuario desde el exterior como una mezcla de edificios que han ido colisionado entre sí debido al orden que presentan las edificaciones actuales de la bodega, consiguiendo con estos “choques” la continuidad entre los edificios, creando así una visita, en caso de las catas, continua bajo cubierta y sin tener que cambiar aparentemente de un edificio a otro.

La idea de este Trabajo de Fin de Grado, de reutilizar y reciclar la madera, se ve reflejada en la propuesta de mantener unos cuantos edificios y de demoler otros. En las naves conservadas, se pretende reflejar la construcción tradicional de la zona, por lo que, si su estado lo permite, se mantendrán las cubiertas con cerchas de maderas, y los edificios de nueva obra se nutrirán de esa madera reciclada y de otros materiales de apariencia similar a los actuales, evitando así un conflicto de estilos.



Ilustración 67- Planta general (Elaboración propia)



Ilustración 68 - Foto de maqueta (Fuente: propia)

Para ejemplificar la idea del proyecto y explicar el modo de aplicación de este trabajo con los elementos de madera existentes en las naves, en el apartado **8.3.3 Estudios de proyectos** se adjuntan dos proyectos de bodegas en los que los elementos presentes en madera se han mantenido dado sus buenas condiciones como para poder mantenerse. Siendo estos los ejemplos a hacia donde se dirigirá el Trabajo de Fin de Máster

11.1 Libros y revistas

BECKER, Klausjürgen y RADOVIC, Borimir, 2016. Baustoffe für den konstruktiven Holzbau.

CARBALLADA, Ángel Miramontes, 2020. La industria forestal de España en la Economía circular, ¿su integración es posible? Universidad Complutense Madrid. Anales de Geografía de la Universidad Complutense 40. DOI 10.5209/AGUC.72982.

COMISIÓN EUROPEA Y ECORYS. "Protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición en la UE".

DANIEL F. LLANA et al., 2020. Recovered Wood as Raw Material for Structural Timber Products. Characteristics, Situation and Study Cases: Ireland and Spain.

HILLEBRANDT, Annette, sin fecha. Architekturkreisläufe-Urban-Mining-Design.

IHOBE - SOCIEDAD PÚBLICA DE GESTIÓN AMBIENTAL, 2005. INVENTARIO Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE MADERA TRATADA EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO.

IHOBE, Sociedad Pública de Gestión Ambiental, 2016. Guía para el uso de materiales reciclados en construcción [en línea]. Recuperado a partir de: www.ingurumena.eus [accedido 8 octubre 2023].

INE, 2021a. Cuentas medioambientales: Cuenta de los residuos.

INE, 2021b. Cuentas medioambientales: Cuenta de flujos de materiales

KAUFMANN, Hermann, KRÖTSCH, Stefan y WINTER, Stefan, 2017. Edition 2 Mehrgeschossiger Holzbau.

LIZÁN NARRO, Pedro, 2016. Construir en madera.

LUFIEGO, Edgardo y LUFIEGO, Rocío, 2021. Segunda Vida. Construcción a partir de elementos recuperados. Arquitecno, Número 17, pp.121-128. DOI 10.30972/arq.0174995.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, Alimentación y Medio Ambiente, 2012. Diseño metodológico para la clasificación de productos recuperables de los residuos de madera, orientado a potenciar enfoques de gestión, producción y consumo más sostenibles [en línea]. Recuperado a partir de: <http://publicacionesoficiales.boe.es/> [accedido 17 septiembre 2023].

MORÁN DEL POZO, J. M. et al., 2011. Estado actual de la gestión de residuos de construcción y demolición: Limitaciones. Informes de la Construcción. Vol. 63, número 521, pp. 89-95. DOI 10.3989/ic.09.038.

RICHTER, Klaus, sin fecha. WoodWisdom-Net Research Programme Final Report Cascading Recovered Wood (CaReWood) Title of the research project Cascading Recovered Wood (CaReWood) Coordinator of the project [en línea]. Recuperado a partir de: <http://www.carewood.eu> [accedido 29 octubre 2023].

SATRABHANDHU, Ong-ard, sin fecha. Hotel Rachamankha, Chiang Mai.

V.V. A.A., 2000. TECTONICA No 11: MADERA (I) (REVESTIMIENTOS).

V.V. A.A., 2001. REVISTA TECTONICA 13 (MADERA II ESTRUCTURAS).

WAN, Hui et al. Recycling Wood Composite Panels: Characterizing Recycled Materials.

11.2 Páginas Web y artículos

AITIM - ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN TÉCNICA DE LAS INDUSTRIAS DE LA MADERA, sin fecha [en línea]. Recuperado a partir de: <https://infomadera.net/modulos/index.php> [accedido 10 septiembre 2023].

Archdaily, [en línea]. Recuperado a partir de: <https://www.archdaily.com/> [accedido 04 noviembre 2023].

Asociación Española De Reciclaje De Residuos De Construcción Y Demolición, *Documentación - Publicaciones* [en línea]. Recuperado a partir de: <https://rcdasociacion.es/> [accedido 25 octubre 2023].

DAVID LOPEZ CORRALO, 2020. FEDEMCO presenta el Estudio de la Tasa de Valorización de los Envases y Embalajes de Madera en España. [en línea]. 2020. Recuperado a partir de: <https://madera-sostenible.com/transporte/fedemco-presenta-el-estudio-de-la-tasa-de-valorizacion-de-los-envases-y-embalajes-de-madera-en-espana/> [accedido 3 octubre 2023].

Ecohabitar, [en línea]. Recuperado a partir de: <https://ecohabitar.org/> [accedido 5 septiembre 2023].

EDITORIAL RSYS, 2022. 3R La regla de las tres erres: Reducir, Reciclar y Reutilizar. [en línea]. 2022. Recuperado a partir de: <https://responsabilidadsocial.net/3r-la-regla-de-las-tres-erres-reducir-reciclar-y-reutilizar/> [accedido 28 octubre 2023].

EL PAÍS, 2020. La tasa de reutilización de los residuos de obra en España es de las más bajas de Europa. [en línea]. 2020. Recuperado a partir de: <https://gestoresderesiduos.org/noticias/la-tasa-de-reutilizacion-de-los-residuos-de-obra-en-espana-es-de-las-mas-bajas-de-europa> [accedido 3 octubre 2023].

Emedec, [en línea]. Recuperado a partir de: <https://www.emedec.com/> [accedido 5 septiembre 2023].

FEDERACIÓN RCDs, *Documentación - Publicaciones* [en línea]. Recuperado a partir de: <https://federacionrcd.org/documentacion/publicaciones/> [accedido 26 octubre 2023].

FLORIAN, María-Cristina, 2023. De la tradición a la innovación: cómo las tecnologías modernas están transformando el potencial de la madera. [en línea]. Recuperado a partir de: <https://www.archdaily.cl/cl/1007171/de-la-tradicion-a-la-innovacion-como-las-tecnologias-modernas-estan-transformando-el-potencial-de-la-madera> [accedido 21 octubre 2023].

FRAUNHOFER INSTITUTE, sin fecha. Un nuevo sistema de reciclaje da una segunda oportunidad a la madera. [en línea]. Recuperado a partir de: https://www.imnovation-hub.com/es/ciencia-y-tecnologia/nuevo-sistema-de-reciclaje-de-madera/?_adin=02021864894 [accedido 10 octubre 2023].

Höchsmann Technology for Wood, [en línea]. Recuperado a partir de: <https://wtp.hoechsmann.com/es/lexikon/49674/planta-de-produccion-de-osb> [accedido 31 octubre 2023].

JUAN MANUEL ENRIQUE, sin fecha. El Consulado del Mar de Valencia. [en línea]. Recuperado a partir de: <https://valenciaapedacitos.blogspot.com/2016/04/el-consulado-de-mar-de-valencia.html> [accedido 9 noviembre 2023].

Knauf, [en línea]. Recuperado a partir de: <https://www.knauf.es/> [accedido 5 septiembre 2023].

Leror Merlin, [en línea]. Recuperado a partir de: <https://www.leroymerlin.es/> [accedido 5 septiembre 2023].

LIZETHCAROLINARUIZ, 2011. Deforestación. [en línea]. 2011. Recuperado a partir de: <https://deforestacionunisanjil.wordpress.com/historia/> [accedido 9 octubre 2023].

Maderea, sin fecha [en línea]. Recuperado a partir de: <https://www.maderea.es/> [accedido 10 septiembre 2023].

Objetivos de Desarrollo Sostenible, [en línea]. Recuperado a partir de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/> [accedido 15 junio 2023].

Pinterest, [en línea]. Recuperado a partir de: <https://www.pinterest.es/> [accedido 7 septiembre 2023].

Processing-Wood.com, [en línea]. Recuperado a partir de: <https://processing-wood.com/es/procesos/tableros/osb/> [accedido 1 noviembre 2023].

REDACCIÓN INTEREMPRESAS, 2023. La rehabilitación sostenible de Ombú de Foster + Partners. [en línea]. 2023. Recuperado a partir de: <https://www.interempresas.net/construccion-industrializada/Articulos/469354-La-rehabilitacion-sostenible-de-Ombu-Building-de-Foster-Partners.html> [accedido 28 octubre 2023].

REDACCIÓN NATIONAL GEOGRAPHIC, Deforestación, todavía se puede frenar esta crisis climática. [en línea]. Recuperado a partir de: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/deforestacion#:~:text=El%20inductor%20subyacente%20de%20la,para%20el%20pastoreo%20de%20ganado.> [accedido 9 octubre 2023].

SIMONE PEIST, 2017. A second life for recovered wood. [en línea]. 2017. Recuperado a partir de: <https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2017/October/a-second-life-for-recovered-wood.html> [accedido 31 octubre 2023].

Teznocuber, [en línea]. Recuperado a partir de: <https://teznocuber.com/> [accedido 5 septiembre 2023].

Trituración de madera residual y residuos de madera, sin fecha [en línea]. Recuperado a partir de: <https://weima.com/en/trituradoras/trituracion-de-madera/> [accedido 9 noviembre 2023].

Usuario: TONI, 2020. La madera reciclada una tendencia que cuida el planeta. [en línea]. 2020. Recuperado a partir de: <https://join.clickoala.com/madera-reciclada-respetando-medioambiente/> [accedido 10 octubre 2023].

11.3 Testimonios

Para la redacción de este Trabajo Fin de Grado se han contactado tanto con empresas como con estudios de arquitectura relacionados con el uso o fabricación de elementos de madera, ya sea con la reutilización de esta o productos elaborados a partir de la madera reciclada.

Los contactos que han colaborado con información y con los que he mantenido contacto vía correo electrónico son:

- Jaime Lloret García, arquitecto del estudio de arquitectura Whatsarq (estudio situado en Valencia) <https://whatsarq.com/>
- Emma Romero Brey de servicios centrales de la empresa Finsa soluciones constructivas (empresa situada en Santiago de Compostela) <https://www.finsa.com/es/>
Ha colaborado con la información sobre los productos que ofrece la empresa.
- Paula García del departamento de marketing de la empresa Gabarró (con varias sedes a lo largo del territorio español) <https://www.gabarro.com/es> Me ha facilitado información de fabricación, así como productos de la empresa.
- Manuel Suárez Morales controller de la empresa Dioco (empresa localizada en Málaga) <https://dioco.es/> Me ha facilitado los productos con los que cuenta la empresa.

12 ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 – Objetivos de Desarrollo Sostenible (Elaboración propia).....	9
Ilustración 2 - Residuos generados en España (Fuente: INE).....	10
Ilustración 3 - Crecimiento de la industria (%) (Fuente: INE).....	11
Ilustración 4 - Deforestación (Elaboración propia).....	15
Ilustración 5 - Economía circular de madera en construcción (Elaboración propia).....	17
Ilustración 6 – Sello AENOR (Fuente: (https://tienda.aenor.com/normas/normas)).....	24
Ilustración 7 – Sello ISO (Fuente: (https://www.iso.org))	24
Ilustración 8 – Bureau Veritas (Fuente: (https://www.bureauveritas.es)).....	24
Ilustración 9- Certificado PEFC (Fuente: (https://www.pefc.es/))	24
Ilustración 10 - Certificado FSC (Fuente: (https://es.fsc.org/es-es))	24
Ilustración 11 - Viga de madera (Fuente: Maderas Casais).....	27
Ilustración 12 - Viga metálica (Fuente: VH Palabra de acero)	27
Ilustración 13 -Viga pretensada de hormigón (Fuente: Tecnyconta)	28
Ilustración 14 - Eliminación de tornillos y metales (Fuente: propia)	33
Ilustración 15 - Trituración inicial (Fuente: Weima).....	34
Ilustración 16 - Compactación de las virutas (Fuente: Tallerdelcuadro).....	35
Ilustración 17 - Venta de tableros (Fuente: Finsa).....	38
Ilustración 18 - Tablero OSB (Fuente: Leroy Merlín)	42
Ilustración 19 - Tablero DMF (Fuente: Leroy Merlín)	42
Ilustración 20 - Tablero HDF (Fuente: Emedc)	43
Ilustración 21 - Tablero aglomerado (Fuente: Leroy Merlín)	43
Ilustración 22 - Madera LSL (Fuente: Ecohabitar)	43
Ilustración 23 - Lana de madera (Fuente: Knauf)	44
Ilustración 24 -- Madera sintética (Fuente: Leroy Merlín)	44
Ilustración 25 - Panel sándwich (Fuente: Teznocuber)	45
Ilustración 26 – Mueble de madera reutilizada (Pinterest).....	48
Ilustración 27- Mesa de un pilar de madera (Pinterest)	48
Ilustración 28 – Mesa hecha con una puerta (Pinterest).....	48
Ilustración 29 – Espejos con puerta de soporte (Pinterest)	48
Ilustración 30 - Pallet macetero (Pinterest).....	49
Ilustración 31 - Pallet mesa (Pinterest).....	49
Ilustración 32 - Banco de viga (Pinterest).....	49
Ilustración 33 - Soporte luminarias de viga (Pinterest)	49
Ilustración 34 – Pilar reforzado (Pinterest)	49

Ilustración 35 - Viga reforzada (Pinterest)	49
Ilustración 36 – Vista interior e Ilustración 37 – Axonometría (Fuente: Archdaily).....	50
Ilustración 38 – Tótem abierto e Ilustración 39 – Tótem cerrado (Fuente: Archdaily).....	51
Ilustración 40 – Comedor e Ilustración 41 – Vista interior (Fuente: Archdaily)	51
Ilustración 42 – Fachada sur e Ilustración 43 – Detalle de fachada (Fuente: Archdaily)	52
Ilustración 44 - Fachada norte e Ilustración 45 – Proceso constructivo (Fuente: Archdaily)	52
Ilustración 46 – Fachada norte e Ilustración 47 – Fachada sur (Fuente: Archdaily).....	53
Ilustración 48 - Bodega Mas Rodó (Fuente: Archdaily)	53
Ilustración 49 - Vista patio interior (Fuente: Archdaily).....	53
Ilustración 50 - Bodegas de viña Elena (Fuente: Archdaily)	54
Ilustración 51 - Vista interior (Fuente: Archdaily)	54
Ilustración 52 - Vista patio cubierto (Fuente: Archdaily).....	54
Ilustración 53 - Vista terraza cubierta (Fuente: Archdaily)	54
Ilustración 54 - Fachada principal (Fuente: Archdaily).....	55
Ilustración 55 - Interior del edificio (Fuente: Archdaily)	55
Ilustración 56 - Interior Consulado del Mar (Fuente: Diego Delso)	56
Ilustración 57 - Techo de la sala Consulado del Mar (Fuente: Diego Delso).....	56
Ilustración 58- Encabezado perfil de Instagram (Fuente: propia)	56
Ilustración 59 – Publicaciones del perfil Instagram (Fuente: propia).....	57
Ilustración 60 - Código QR perfil Instagram (Elaboración propia).....	58
Ilustración 61 - Fachada principal (Fuente: propia)	62
Ilustración 62 - Vista aérea (Fuente: propia)	62
Ilustración 63 – Almacén 1 (Fuente: propia).....	62
Ilustración 64 - Almacén 2 (Fuente: propia).....	62
Ilustración 65- Bodega (Fuente: propia).....	63
Ilustración 66 – Bajo cubierta (Fuente: propia).....	63
Ilustración 67- Planta general (Elaboración propia).....	64
Ilustración 68 - Foto de maqueta (Fuente: propia).....	64