



UNIVERSIDAD DE CORDOBA



Proyecto cofinanciado con la
Contribución del Programa LIFE
de la Unión Europea

Project co-funded with the
contribution of the LIFE Programme
of the European Union



GUÍA DE PRODUCTOS DE MADERA PARA UNA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

*“ Dedicado a los que comparten la idea de que la
madera es el material para la construcción del futuro”*



LIFE ReNaturalNZE

Guía de productos de madera para una construcción sostenible

Autores:

Marta Conde García (UCO)
Teresa Garnica Muñoz (UCO)
Soledad Montilla Moreno (UCO)
María Belén Abad Garrido (INDITECMA)
Ángel Lora González (UCO)

Colaboradores:

Guillermo Palacios Rodríguez (UCO)
Martín López Aguilar (UCO)
Sheila Otero Seseña (IETCCCSIC)
Juan Ignacio Fernández-Golfín Seco (ICIFOR-INIACSIC)
José Antonio Tenorio Ríos (IETCCCSIC)

Edita:

Universidad de Córdoba
Avd. Medina Azahara 5
14005 Córdoba

Córdoba, diciembre 2023

ISBN: 978-84-1283093-4
Depósito Legal: BA-000081-2024

G UÍA DE PRODUCTOS DE MADERA PARA UNA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE



El presente documento puede ser descargado gratuitamente en las siguientes URL's

SCAN ME



PDF

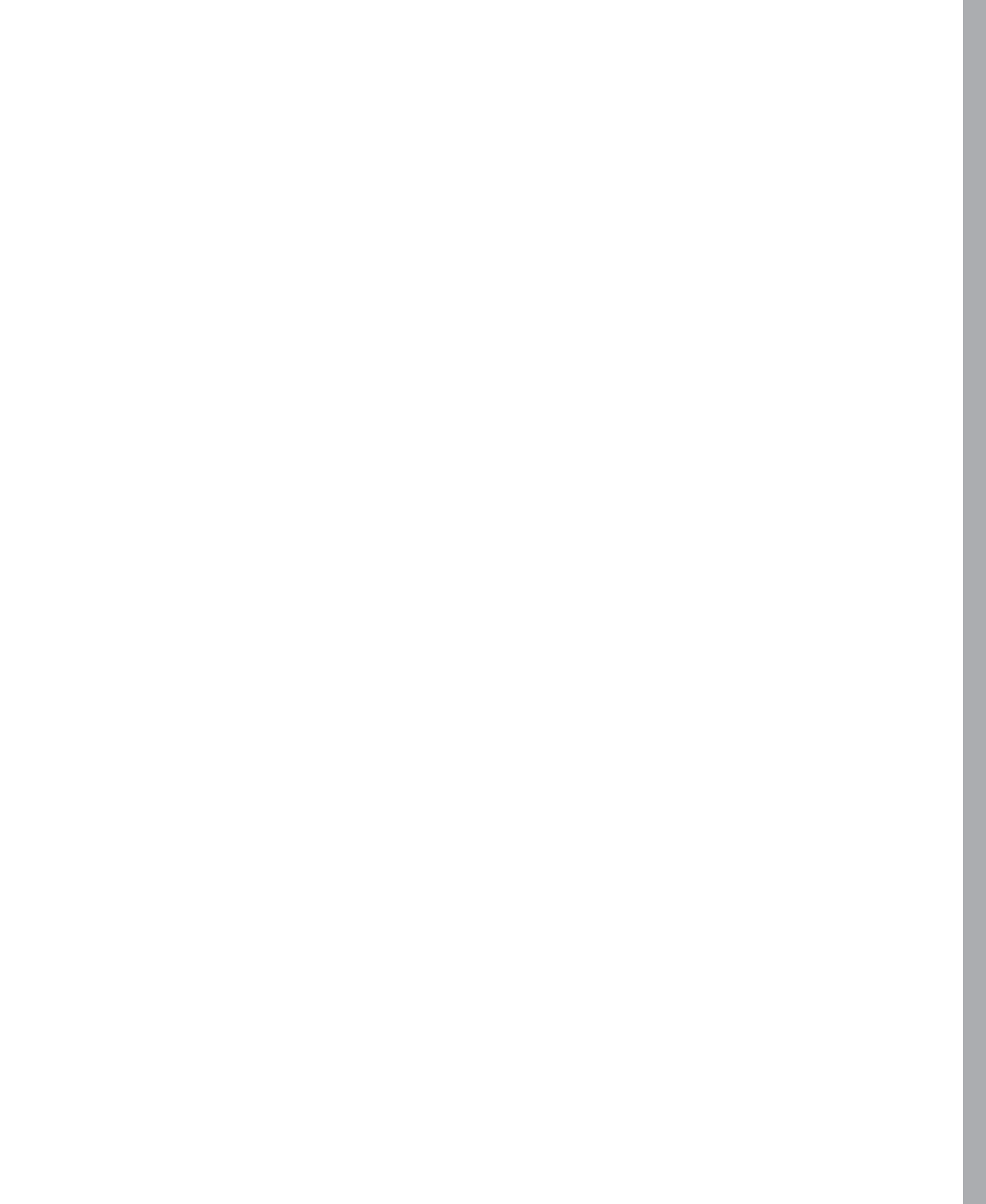


UNIVERSIDAD
D
CÓRDOBA



Proyecto cofinanciado con la
Contribución del Programa LIFE
de la Unión Europea

Project co-funded with the
contribution of the LIFE Programme
of the European Union



Bienvenidos

El origen biológico de la madera, como materia prima para la fabricación de productos de construcción, le confiere unas características diferenciadoras respecto de otros materiales de origen no biológico. Las masas forestales productoras proporcionan madera con unas determinadas características, íntimamente relacionadas con la especie y las condiciones climáticas o edáficas del medio donde se asientan, pero también con el tipo de silvicultura aplicada y la tecnología empleada en su aprovechamiento. La combinación de estos factores hace que la materia prima obtenida satisfaga, en mayor o menor medida, las necesidades de la industria de fabricación de productos de madera para construcción. Además, las masas forestales durante su crecimiento proporcionan otros servicios ecosistémicos a la sociedad como la fijación de carbono, la eliminación de contaminantes atmosféricos, la regulación del ciclo hidrológico y el mantenimiento o mejora de la biodiversidad.

Esta Guía se ha elaborado con el propósito de mostrar la importancia del vínculo entre los sectores forestal, industrial y de la construcción y de posicionar a la madera como material para una construcción sostenible.

En la Universidad de Córdoba se investiga en el ámbito de la silvicultura, la gestión forestal y de los ecosistemas, la tecnología de la madera y la caracterización de los productos derivados de la madera como material de construcción. La participación de UCO en el proyecto LIFE ReNaturalNZEB, junto con el resto de los socios, trata de contribuir a la transformación del sector de la construcción con el fomento de materiales naturales sostenibles y la reducción del impacto ambiental en el proceso edificatorio.



Introducción

Con el objetivo de disminuir el consumo energético y el impacto medioambiental del sector de la construcción en Europa, se apuesta cada día más por acciones basadas en los conceptos de sostenibilidad y economía verde y circular. En el proyecto **LIFE “Recycled and Natural Materials and Products to develop nearly zero energy buildings with low carbon footprint” (ReNaturalNZEB)**, con la contribución del Programa LIFE de la Unión Europea, se están ensayando y promoviendo nuevas soluciones constructivas para alcanzar **edificios de consumo de energía casi nulo con baja huella de carbono, empleando materiales naturales, en España y Portugal**.

Esta Guía está dirigida principalmente a técnicos del sector de la construcción con la finalidad de dar a conocer la información técnica y ambiental asociada a los productos de madera. Para dar a conocer los diferentes productos de madera utilizados en construcción, se definen las principales familias de productos, se incluye información sobre las prestaciones técnicas de los productos genéricos más utilizados y se exponen los valores de energía y carbono embebidos. Además, se muestran algunos servicios ecosistémicos de las principales masas forestales productoras de madera que, junto con el carbono biogénico, suponen una ventaja en términos medioambientales frente a otros productos de construcción de origen no biológico.

Introduction

With the aim of reducing energy consumption and environmental impact in the European construction sector, there is an increasing focus on actions based on the concepts of sustainability as well as green and circular economy, green economy, and circular economy concepts. In the **LIFE project “Recycled and Natural Materials and Products to develop nearly zero energy buildings with low carbon footprint” (ReNaturalNZEB)**, with the contribution of the European Union’s LIFE Program, new construction solutions are being tested and promoted to achieve **nearly zero energy buildings with a low carbon footprint. This involves the use of natural materials in Spain and Portugal**.

This guide is primarily aimed at professionals in the construction sector, providing an introduction with the purpose of releasing the technical and environmental information associated with wood products. In order to present the different timber products used in construction, the main product families are defined, including information about the technical performance of the most commonly used generic products, along with embedded energy and carbon values. Additionally, the guide highlights some ecosystem services of major wood-producing forests. These, along with biogenic carbon, present environmental advantages compared to non-biological construction products.



Antecedentes 24

Productos técnicos de madera para la construcción 32

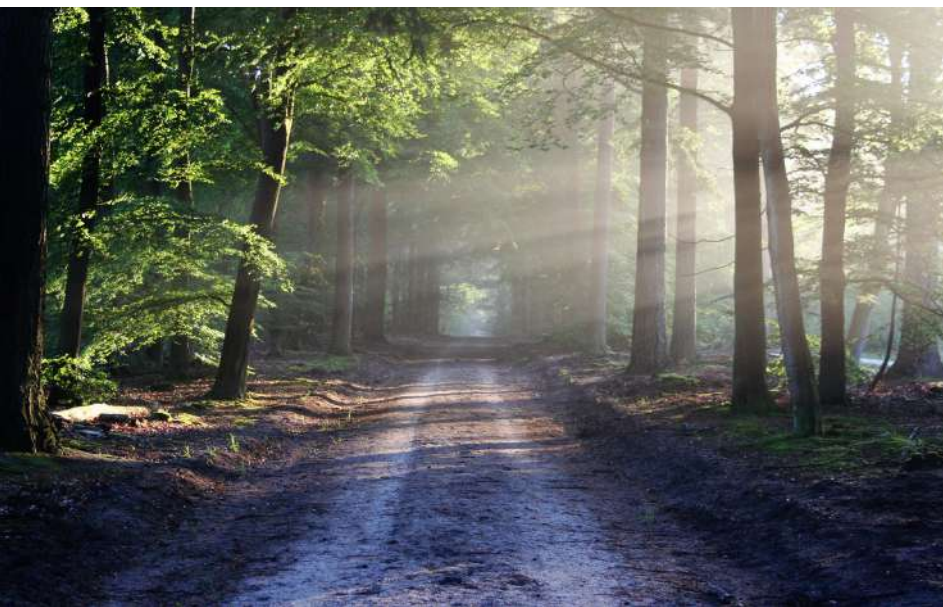
Clase de uso y clase de servicio	38
Clase de uso	39
Clase de servicio	40
Productos de madera maciza	44
Madera aserrada estructural	44
Madera de sección circular para uso estructural	45
Productos de madera modificada	46
Madera termotratada	46
Madera acetilada	46
Madera furfurilada	47
Productos derivados de madera aserrada	48
Madera maciza empalmada longitudinalmente (KVH)	48
Perfiles de laminación vertical: dúos y tríos	49
Madera laminada encolada (MLE)	50
Tableros de madera maciza monocapa y multicapa (SWP)	52
Tableros contralaminados (CLT)	53
Productos derivados de chapas de madera	56
Tableros y perfiles microlaminados (LVL)	56
Tableros contrachapados	57
Perfiles de chapas de madera (PSL)	57



<https://www.onesta.es/>



Productos derivados de virutas, partículas y fibras de madera	58
Tableros OSB	58
Perfiles de virutas (LSL, OSL)	58
Tableros de partículas	58
Tableros de fibras	61
Productos complejos en combinación con otros materiales	62
Tableros madera cemento	62
Tableros sándwich	63
Estructuras mixtas	63
Tableros aligerados	64
Composites madera-plástico	65
Carpinterías técnicas	68
Ventanas	68
Puertas	68
Suelos de madera maciza	69
Suelos multicapa	69
Suelos laminados	69





Certificación de los productos de madera para construcción 71

Certificación técnica	72
Certificación obligatoria	72
Certificación voluntaria	74
Certificación medioambiental	76
Certificación medioambiental de materias primas	78
Certificación Forestal	78
Certificación de la Cadena de Custodia	78
Certificación medioambiental de productos	79
Eco-etiqueta	79
Certificación medioambiental de procesos	81
Ecodiseño	81
Normas de la serie ISO 14000	81
Metodología de análisis de ciclo de vida (ACV)	82



Servicios ecosistémicos asociados a la producción de productos de madera para la construcción 84

Los servicios ecosistémicos de los montes productores de madera	86
Los productos de madera como confinadores de carbono	88
Fijación, secuestro y almacenamiento de carbono	88
Carbono biogénico	90
El potencial del calentamiento global	92
El Potencial de Calentamiento Global en el ACV de productos de madera para construcción	98



Impactos ambientales de la fabricación de los productos de madera para construcción 100

Cadena de valor Monte - Industria - Construcción	104
Aplicación de la metodología de ACV	105
Límites – Alcance del sistema	106
Definición de procesos	107
Sistema de producto	108
Unidad funcional	109
Categorías de impacto	111
Energía operacional y embebida	118

Especies maderables de interés en la Península Ibérica 122

Servicios ecosistémicos de las masas de las principales especies forestales de España	125
Servicios ecosistémicos reguladores	125
Fijación de carbono	125
Eliminación de contaminantes atmosféricos	125
Pino silvestre	127
Morfología	128
Ecología y distribución	128
Pino laricio	133
Morfología	133
Ecología y distribución	134
Pino pinaster	137
Morfología	138
Ecología y distribución	139
Pino radiata	143
Morfología	143
Ecología y distribución	144
Castaño	147
Morfología	148
Ecología y distribución	148
Chopo	153





Fichas de productos de madera 157

Madera aserrada estructural de pino silvestre	158
Madera aserrada estructural de pino laricio	163
Madera aserrada estructural de pino pinaster	168
Madera aserrada estructural de castaño	173
Madera laminada encolada de pino silvestre	178
Madera laminada encolada de castaño	182
Tablero SWP multicapa de pino silvestre	186
Tablero SWP monocapa de castaño	190
Tablero contrachapado de chopo	194
Agradecimientos	198
Bibliografía y referencias	200

Antecedentes

El aumento de las **exigencias medioambientales** unido a la creciente sensibilidad de la sociedad ante el **cambio climático** hace que los sectores productivos empiecen a tener en consideración los impactos generados en sus actividades. En este sentido, el sector de la **construcción** está identificado por la Unión Europea como uno de los sectores que **más recursos utiliza y más residuos genera**, lo que hace que esta actividad sea una de las menos sostenibles.

Por otra parte, alrededor del **80 % de los productos que genera la industria de la madera son destinados a la construcción**. Las cualidades ambientales asociadas a la madera posicionan favorablemente a este material frente a otros materiales de construcción, proporcionando una ventaja competitiva frente a ellos.

Junto a los valores intrínsecos asociados a los materiales naturales, la madera destaca además por sus valores ambientales. También cobra una gran importancia, desde un enfoque de economía circular, por ser reciclable, renovable y reutilizable. Todo ello, unido a su capacidad para confinar carbono en su estructura interna, sitúa a la **madera como una oportunidad para hacer más sostenible la construcción de edificios**.



LA MADERA, COMO MATERIAL DE
CONSTRUCCIÓN, DESTACA POR
SUS VALORES AMBIENTALES.
ADEMÁS, DESDE UN ENFOQUE DE
ECONOMÍA CIRCULAR, COBRA GRAN
IMPORTANCIA POR SER RECICLABLE,
RENOVABLE Y REUTILIZABLE



Etoriki Cooperativa

En el contexto actual de **circularidad de las materias primas**, el sector de la madera y el sector forestal llevan tiempo trabajando de forma conjunta en la certificación de la procedencia y trazabilidad de la madera como recurso natural. La **certificación** de la gestión forestal sostenible garantiza que la madera procede de montes gestionados de forma sostenible. Por ello, el hecho de que la industria utilice **madera certificada** como materia prima, da continuidad a la trazabilidad de la madera desde el origen y hace posible que la certificación forestal se haga efectiva hasta el consumidor final.

Con la implantación de los sistemas de certificación forestal en el monte y de cadena de custodia en las industrias de la madera, el sector forestal ha sido pionero en el establecimiento de indicadores para evaluar y garantizar la sostenibilidad en sus actividades, asegurando así un uso sostenible de sus recursos y contribuyendo a la conservación y mejora de sus masas forestales.

Además de la certificación de procedencia de la materia prima, el sector de la madera se suma a la implantación de otras metodologías para la evaluación medioambiental tanto de sus procesos productivos como de los productos de madera generados en su fabricación. En la industria de la madera cabe destacar la implantación de los sistemas de gestión medioambiental conforme a la serie de normas **ISO 14000**. Menos generalizada ha sido la implantación de la metodología del **Análisis de Ciclo de Vida**, tanto para la evaluación ambiental de sus procesos como para la evaluación ambiental de



sus productos mediante las denominadas **Declaraciones Ambientales de Producto**.

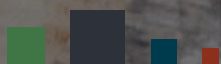
Los procesos asociados a la fabricación de productos derivados de la madera se caracterizan por una escasa generación de impactos en su producción. Ello se debe a unas cifras de consumo de energía reducidas durante la fabricación y a que los procesos apenas generan residuos. En un análisis global, los aspectos más críticos que afectan a la sostenibilidad de la industria de la madera, -desde el abastecimiento de la materia prima hasta la salida de fábrica del producto transformado-, se asocian, por un lado, a los procesos de secado de la madera, por la posibilidad de que puedan producirse mayores consumos de energía y, por otro, a los procesos de tratamiento químico cuando concurre el caso de que a la madera se le exija una durabilidad superior a la aportada de forma natural -siempre dependiente de la especie.

Partiendo del hecho de que los productos de madera proceden de una **materia prima que confina CO₂** en su interior, con el consiguiente balance favorable en carbono, parece necesario hacer un esfuerzo para identificar aquellos procesos, productos y estrategias que sitúen a los productos de madera en una posición lo **más sostenible posible frente a otros materiales**. Bajo esta premisa, el uso de productos de madera en construcción juega un papel fundamental en la **reducción del carbono embebido en el proceso edificatorio**.



"RESPONDEREMOS A LAS
AMENAZAS DEL CAMBIO
CLIMÁTICO, SABIENDO
QUE SI NO LO HACEMOS
ESTAREMOS TRAICIONANDO
A NUESTROS HIJOS Y A
GENERACIONES FUTURAS"

Barack Obama





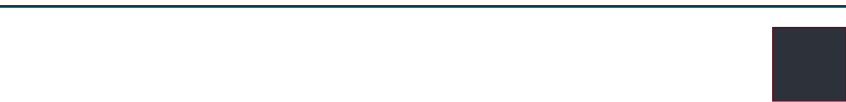
Para la **elección de productos de madera en esta Guía**, además de criterios técnicos, se ha considerado el **perfil ambiental** de las familias de productos de madera. Estos cálculos, -que están siempre supeditados a la **calidad y fiabilidad de los datos** así como a la procedencia de estos-, habitualmente se generan a partir de bases de datos que no responden al escenario geográfico de nuestras maderas, consumos energéticos o realidad tecnológica.

Otro aspecto a tener en cuenta en esta selección de productos tipo, es que un determinado producto se va a comportar de forma distinta para diferentes usos. Es por ello necesario, si queremos evaluar el comportamiento ambiental de un producto de madera, la definición de las condiciones en las que el producto va a trabajar en servicio para garantizar la vida útil del producto, más allá de las características que declare el fabricante a puerta de fábrica. Para los productos de madera, las etapas de transporte, uso y mantenimiento son críticas para minimizar el impacto ambiental en todo el proceso constructivo. Un mal uso del material o una mala elección del producto puede invertir toda la ventaja ambiental que, de partida, posee la madera como material de construcción.

"LA NATURALEZA ES
INAGOTABLEMENTE
SOSTENIBLE SI CUIDAMOS
DE ELLA. ES NUESTRA
RESPONSABILIDAD UNIVERSAL
PASAR UNA TIERRA SANA A LAS
FUTURAS GENERACIONES"

Sylvia Dolson







Productos técnicos de madera para la construcción



Aserradero Sanger, zona de secado, Jean Hume Browning
Collection, CC BY-SA 0





Aserradero - Upper Village Canadá, Miguel, CC BY-SA 2.0



En el mercado existe una gran cantidad de productos derivados de la madera destinados a la construcción. Se considera producto de construcción aquel que se incorpora de forma permanente en un edificio u obra.

Los productos de madera utilizados en construcción pueden clasificarse siguiendo diversos criterios. Una de las clasificaciones más utilizadas agrupa los productos técnicos de madera en **familias de productos** atendiendo al **grado de desintegración** de la madera que se produce en los distintos procesos de fabricación.

Las principales familias de productos consideradas son:

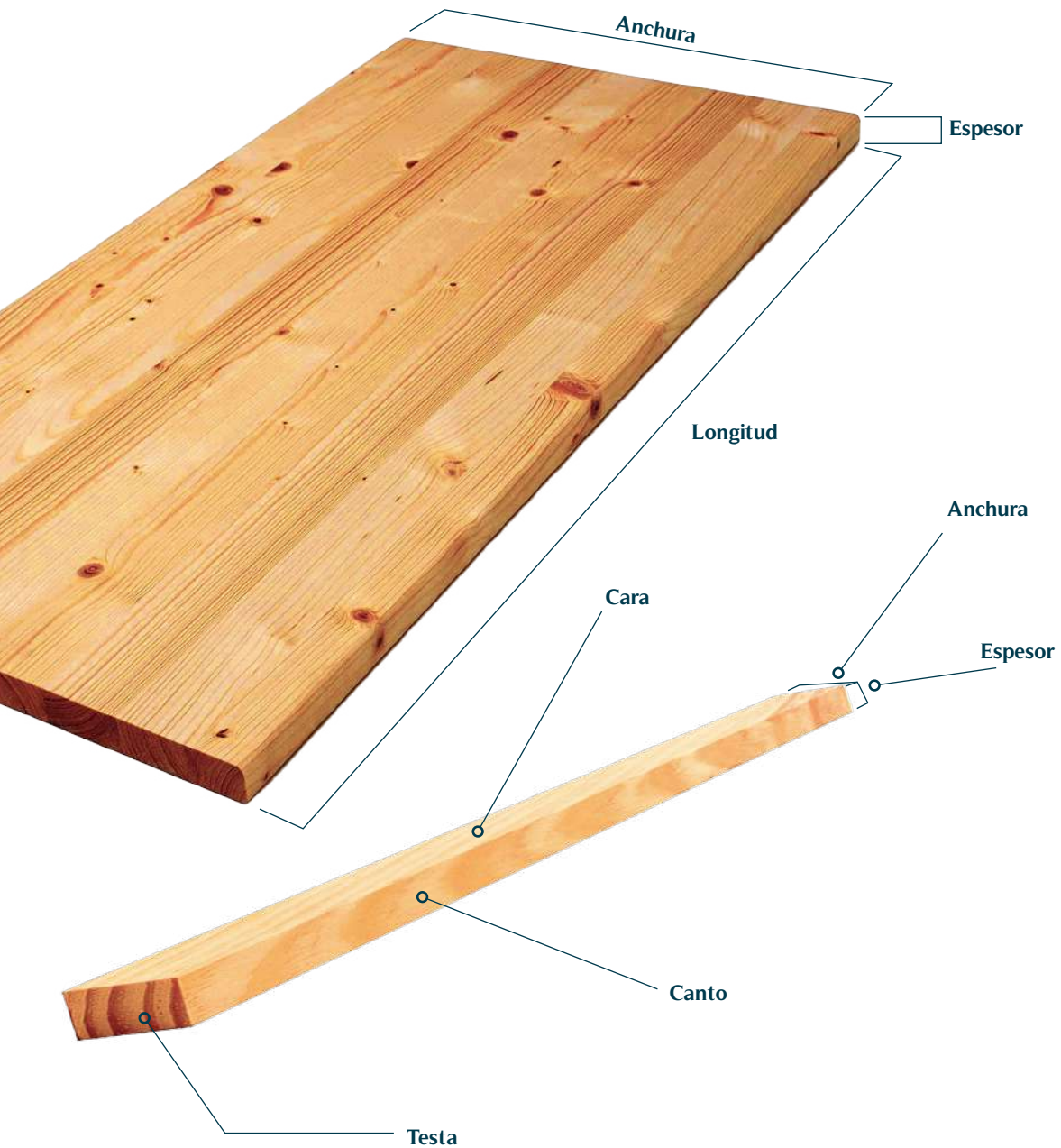
- Productos de madera maciza
- Productos de madera modificada
- Productos derivados de madera aserrada
- Productos derivados de chapas de madera
- Productos derivados de virutas, partículas y fibras de madera
- Productos complejos en combinación con otros materiales
- Carpinterías técnicas

Antes de pasar a describir los productos técnicos de madera, hay que tener en cuenta unas consideraciones previas. Se distinguen en primer lugar, dos grandes grupos de productos, los **productos estructurales**, que son los que intervienen de forma directa en la estructura del edificio y los **productos no estructurales**, que pueden tener funciones de cierre, de aislamiento o decorativas.

Una segunda consideración hace referencia a la distinción entre tablero y perfil. El **tablero** se define como un producto en el que dos de sus dimensiones, longitud y anchura, predominan sobre el espesor y en el que el elemento constitutivo principal es la madera o subproductos de esta.

Un **perfil** es un producto en el que predomina la longitud frente a las dimensiones de la sección, anchura y espesor, (cara y canto si se utiliza la terminología habitual para piezas de madera aserrada).





Dimensiones de tablero y perfil

Clase de uso y clase de servicio

Finalmente hay que tener en cuenta los conceptos de clases uso (CU) y clases de servicio (CS), que son importantes para prever la durabilidad biológica y mecánica del material, en función de las condiciones de humedad y temperatura ambientales en las que esté trabajando o prestando servicio un producto. También para definir las clases técnicas de las diferentes familias de productos, aspecto clave para el establecimiento de productos tipo.

Clase de uso 1

Clase de uso 2

Clase de uso 3

Clase de uso 4

Clase de uso 5

Clases de uso

Clase de uso

Es un término que hace referencia al **riesgo de ataque por organismos xilófagos** que tiene una madera trabajando en unas condiciones determinadas de humedad. La norma **UNE-EN 335** define 5 clases de uso, incluyendo una subdivisión de la clase 3 en dos más. Esta norma contempla el riesgo de ataque, fundamentalmente por hongos, y las considera como sigue:

Contenido de humedad	Casos	Riesgo de ataque de hongos y mohos
Inferior al 20%	Madera no en contacto con el suelo, bajo cubierta (ej. madera ubicada dentro de la casa)	Insignificante
Ocasionalmente superior al 20% y que afecta a parte o a toda la pieza	Madera no en contacto con el suelo, bajo cubierta y en condiciones de elevada humedad (ej. elementos estructurales de una cubierta ventilada)	Ocasional
Supera frecuentemente el 20%	Madera no en contacto con el suelo y a la intemperie (ej. piezas de una pérgola)	Medio a elevado
En contacto con el suelo o con agua dulce	Madera en contacto con el suelo o con agua dulce (ej. pilotes de un embarcadero)	Elevado
En contacto con agua salada	Madera en contacto con agua de mar (ej. pilotes de un muelle)	Elevado

Clase de servicio

Está relacionada con el **comportamiento mecánico y permanencia funcional del material**, según las condiciones higrotérmicas en las que esté trabajando el producto. Este concepto adquiere especial importancia en aquellos productos que incorporen adhesivos en su fabricación, por estar relacionado con la seguridad estructural, ya que los adhesivos tienen que cumplir unas determinadas exigencias para asegurar la integridad de la pieza y por tanto la permanencia del producto. El Código Técnico de la Edificación y la norma **UNE-EN 1995-1** definen las clases de servicio como sigue:

	Caracterizado en las condiciones:	Humedad de equilibrio higroscópico
Clase de servicio 1	Contenido de humedad de la madera correspondiente a una humedad relativa del aire que solo exceda el 65% unas pocas semanas al año	Media en la mayoría de las coníferas no excede el 12%
Clase de servicio 2	Contenido de humedad de la madera correspondiente a una humedad relativa del aire que solo exceda el 85% unas pocas semanas al año	Media en la mayoría de las coníferas no excede el 20%
Clase de servicio 3	Cualquier condición no contemplada en las dos clases anteriores	Toda otra condición de servicio que no pueda ser considerada en las dos clases anteriores

De esta forma, se consideran las condiciones higrotérmicas en las que puede trabajar cada una de las familias de productos, eligiendo las clases de servicio y clases de uso en las cuales dichos productos cumplen con las exigencias mínimas requeridas por la reglamentación. Esto permite definir las **clases técnicas** (en el caso de los tableros y perfiles encolados) y el **tratamiento a incorporar** (en el caso de la madera maciza y productos reconstituídos) para los diferentes productos derivados de madera.

Clases de servicio

Ejemplos

Estructuras de madera expuestas a un ambiente interior (bajo cubierta y con cerramientos perimetrales)

Nota: La temperatura en servicio de los productos de la madera no debe exceder los 50°C

Estructuras de madera a cubierto, pero abiertas y expuestas al ambiente exterior, como es el caso de cobertizos y viseras, así como las piscinas cubiertas (debido a su ambiente húmedo)

Nota: La temperatura en servicio de los productos de la madera no debe exceder los 70°C

Estructuras de madera expuestas al ambiente exterior sin cubrir. Pérgolas sin cubrición, las pasarelas (no en contacto con el suelo), las vigas que vuelan al exterior son aplicaciones típicas de esta clase de servicio, siempre y cuando se pueda asegurar por diseño que el agua no se acumula en ningún punto del elemento o de las uniones.

Nota 1: La temperatura en servicio de los productos de la madera no debe exceder los 90°C

Nota 2: Salvo especificación en contrario por parte del fabricante, los productos encolados no deberán ser empleados en contacto con el suelo o agua





"TODA TÉCNICA DE
CONSTRUCCIÓN LOGRA
AL FIN SU FORMA
ETERNA, SU EXPRESIÓN
FUNDAMENTAL QUE A
PARTIR DE ENTONCES
SE PERFECCIONA Y
AFINA"

Ernst Neufert



Productos de madera maciza

Madera aserrada estructural

La madera aserrada para uso estructural ha sido utilizada tradicionalmente en construcción y constituye gran parte de las estructuras de nuestro patrimonio histórico, de ahí su importancia no solo en obra nueva sino también en rehabilitación.

Se entiende por madera aserrada estructural aquellas piezas de madera aserrada de sección rectangular que han sido clasificadas estructuralmente por alguno de los procedimientos reconocidos en la normativa tanto por sistemas visuales (UNE-EN 1912 y UNE-EN 14081-1) como mediante sistemas automáticos (UNE-EN 14081-2).



Madera aserrada estructural, <https://www.madera21.cl/>



Madera aserrada estructural, <https://www.madera21.cl/>

Madera de sección circular para uso estructural

La madera de sección circular para uso estructural es una pieza procedente de la madera en rollo, la cual ha sufrido una transformación, habitualmente de descortezado y posterior cilindrado. Estos elementos son utilizados generalmente en usos rurales, construcciones rústicas, usos agroforestales, etc.

Para estos dos productos de madera maciza, la madera irá tratada o sin tratar, dependiendo de las condiciones de humedad a la que va a trabajar en servicio. El tratamiento químico vendrá dado en función de las clases de uso asignadas a estos productos. De esta forma pueden considerarse los siguientes productos tipo: CS1 CU1, CS2 CU2, CS3 CU3, CS3 CU4 y CS3 CU5.

Productos de madera modificada

Madera termotratada

La madera termotratada es una pieza de madera maciza procedente de la madera aserrada sometida a un tratamiento térmico a alta temperatura (185-212°C), no siendo apta para uso estructural. Los empleos más comunes suelen ser en fachadas, suelos de jardín y piscinas, contraventanas, etc.



Fachada de madera termotratada,
<https://woodiswood.net>

Madera acetilada

La madera acetilada es un producto procedente de la madera aserrada, en la que se realiza un tratamiento en autoclave que impregna a la pieza de madera maciza con anhídrido acético. Entre las principales aplicaciones se encuentran las construcciones al exterior, tales como puentes y pasarelas, fachadas, elementos de carpintería, suelos al exterior o mobiliario urbano.



Decking de madera acetilada, Puerto Andraitx,
Menorca, <https://www.maderea.es>

Madera furfurilada

La madera furfurilada es un derivado de la madera maciza procedente de la madera aserrada, la cual se modifica mediante un tratamiento en autoclave con alcohol furfurílico. Este producto es utilizado en fachadas y suelos al exterior principalmente.



Luxuru Eco Hotel, Carbis Bay State, St Ives, Cornwall UK,
<https://rebony.com>



Cubierta de madera maciza empalmada,
<https://woodiswood.net>

Madera maciza empalmada longitudinalmente (KVH)

La madera maciza empalmada longitudinalmente es un perfil laminado constituido por piezas rectas de sección rectangular obtenidas por empalme longitudinal mediante cola de piezas de madera aserrada clasificada estructuralmente. En el mercado este producto se conoce como **KVH**, siendo su principal destino el uso estructural.

Perfiles de laminación vertical: dúos y tríos

Los dúos y tríos son productos derivados de la madera maciza obtenidos por empalme longitudinal mediante cola de piezas de madera aserrada clasificada estructuralmente y posterior encolado de las 2 o 3 caras de las piezas empalmadas longitudinalmente que integran la pieza final, según se trate de dúo o trío. Las aplicaciones de estos perfiles son las mismas que la madera aserrada estructural y la madera maciza empalmada longitudinalmente. La caracterización y determinación de sus propiedades resistentes exige que sean utilizados como perfiles de laminación vertical, es decir, trabajando las piezas de canto, al contrario que la madera laminada encolada.



Tablones de dúo y trío,
<https://belwood.be>



Cenedor con estructura de dúo,
<https://www.macusa.es>

Madera laminada encolada (MLE)

La madera laminada encolada es un producto derivado de la madera constituido por láminas de madera maciza encoladas en sus caras, estando previamente empalmadas longitudinalmente mediante cola cada una de sus caras. La MLE se utiliza como elementos estructurales en los que la pieza trabaja como perfil de laminación horizontal cuando es utilizado como viga. Su uso se ha generalizado en edificios singulares, tales como polideportivos o centros comerciales, por permitir cubrir grandes luces y emplear piezas curvas. También es muy utilizado en estructuras sometidas a ambientes agresivos, tales como las piscinas climatizadas.

Dependiendo de las condiciones higrotérmicas a las que van a trabajar los productos encolados derivados de la madera maciza, se asignarán las clases de uso (definiendo el tratamiento a incorporar) y las clases de servicio (afectando a la calidad del encolado).

En el caso de la madera laminada encolada la normativa establece dos clases técnicas, la estándar y la especial. La clase estándar se puede utilizar en CS1 y 2 y en CU1 y 2, debiendo incorporar en CU2 un tratamiento superficial sobre el producto acabado. La clase especial se podrá utilizar en CS3, si bien, para ser utilizada en CU3 deberá incorporar un tratamiento en profundidad con autoclave, aplicado al perfil completo si va a usarse en CU3.1, o bien lámina a lámina si la madera laminada se usa en CU3.2.



Estructura de madera laminada encolada, Sede central Swatch, Biel, MHM55, CC BY-SA 4.0





Tablero de madera maciza multicapa, <https://www.alberch.com>

Tableros de madera maciza monocapa y multicapa (SWP)

Los tableros de madera maciza monocapa, denominados también tableros alistonados, están constituidos por tablas, tablillas o listones de madera empalmados longitudinalmente mediante uniones dentadas en sus testas, encoladas a su vez por sus cantos. Los tableros multicapa (generalmente tricapa o sándwich) están formados por capas superpuestas a 90° de piezas de madera encoladas. Estos últimos tableros se conocen en el mercado

estructural como SWP (Solid Wood Panels) por sus siglas en inglés. Los empleos más comunes son para encofrados y bases de suelos.

La normativa establece para los tableros SWP tres clases técnicas, dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura a las que vaya a trabajar el tablero. Estas clases técnicas son: SWP1 (CS1 CU1), SWP2 (CS2 CU2) y SWP3 (CS3 CU4).

Tableros contralaminados (CLT)

Los tableros contralaminados están formados por capas de madera maciza que se disponen y encolan de forma perpendicular entre sí. Cada capa de madera maciza está compuesta por tablas de madera aserrada clasificadas estructuralmente, unidas lateralmente entre sí con cola, clavos o espigas de madera. Los tableros contralaminados, también conocidos como CLT (Cross Laminated Timber) por sus siglas en inglés, son paneles con función resistente siendo utilizados como forjados, muros y cubiertas.

Para los tableros contralaminados se considera una única clase técnica, pudiéndose utilizar en CS1 y 2 y en CU1 y 2, aunque en CU2 deberá incorporar un tratamiento superficial.

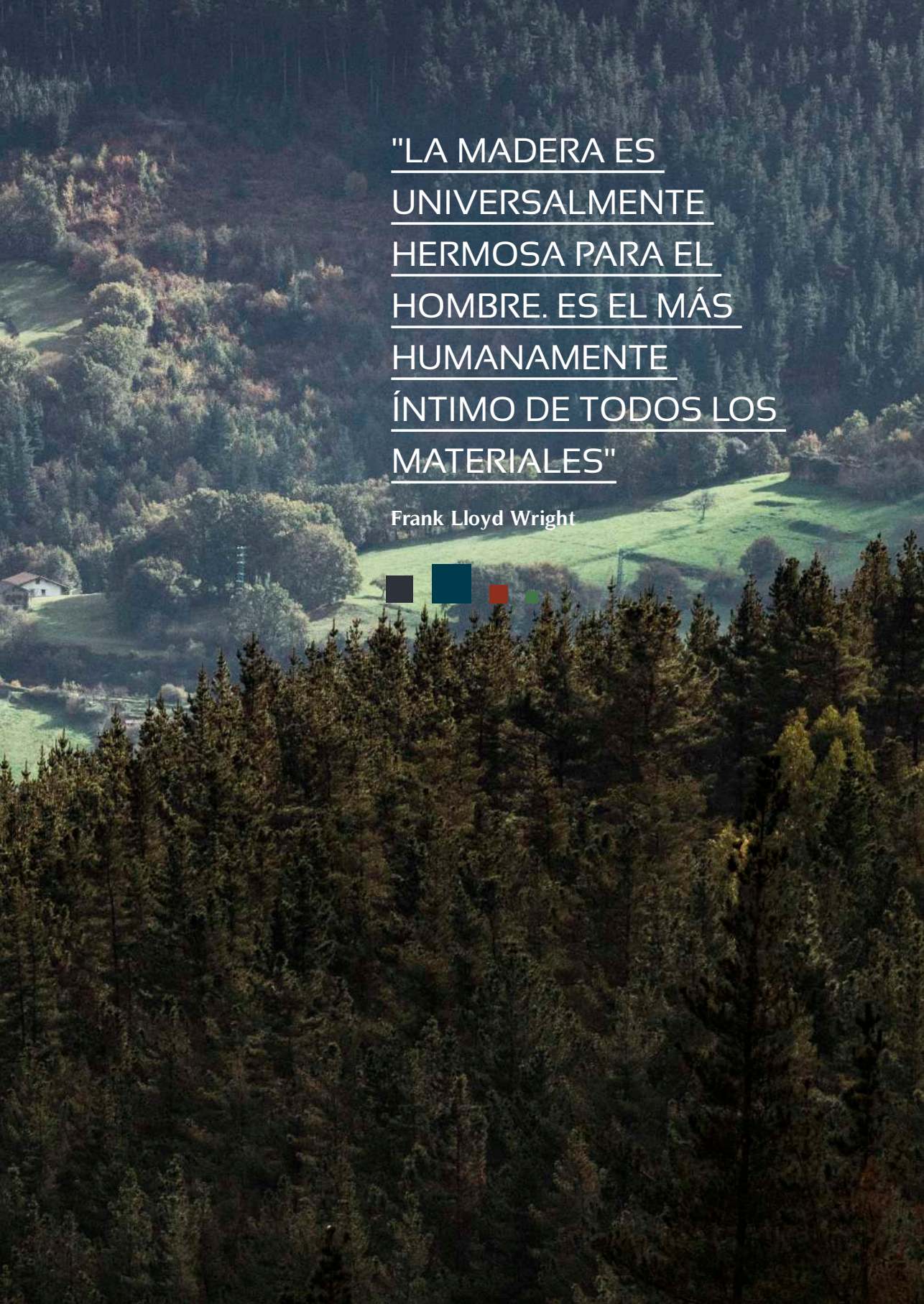


Tablero contralaminado,
<https://cnr.ncsu.edu>



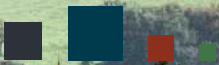
Estructura de tableros contralaminados ,
<https://www.archdaily.com>





"LA MADERA ES
UNIVERSALMENTE
HERMOSA PARA EL
HOMBRE. ES EL MÁS
HUMANAMENTE
ÍNTIMO DE TODOS LOS
MATERIALES"

Frank Lloyd Wright



Tableros y perfiles microlaminados (LVL)

La madera microlaminada es un producto fabricado con chapas de madera de 3 mm de espesor, encoladas entre sí paralelamente, aunque puede contener alguna chapa en dirección perpendicular. Su función es estructural, existiendo dos tipos de producto, en forma de perfil si su empleo es como viga o en forma de tablero si su uso es para forjado, cubierta o encofrado. Las características técnicas de ambos productos son diferentes. El LVL (Laminated Veneer Lumber) es muy utilizado también en rehabilitación como refuerzo estructural.

En la madera microlaminada solo se contempla una clase técnica, que podrá ser utilizada en CS1 y 2 y en CU1 y 2, aunque en CU2 deberá incorporar un tratamiento superficial.

Estructura de madera microlaminada, <https://arquitectura-madera.com>

Tableros contrachapados

Los tableros contrachapados son productos fabricados con chapas de madera de 2 a 3 mm de espesor, encoladas entre sí perpendicularmente, siempre constituidas por un número impar con un mínimo de 3 chapas. Se usan en aplicaciones estructurales y decorativas de interior y exterior, para proteger estructuras metálicas del fuego, en barcos, suelos de autobuses, cajas de carga en camiones y trenes, etc.

La normativa establece para los tableros contrachapados tres clases técnicas, dependiendo de las condiciones higrotérmicas a las que vaya a trabajar el tablero. Estas clases técnicas son: 1 (CS1 CU1), 2 (CS2 CU2) y 3 (CS3 CU4/5).



Tablero contrachapado de carrocería,
<https://servicarpin.es>



Perfil de chapas de madera PSL,
<https://ecohabitar.org>

Perfiles de chapas de madera (PSL)

Los perfiles de chapas de madera están fabricados con recortes de chapas de desenrollado, encolados y orientados en la dirección longitudinal del perfil. Son denominados en el mercado como perfiles PSL (Parallel Strand Lumber) por sus siglas en inglés. Con un destino estructural, son utilizados como vigas y pilares.

Productos derivados de virutas, partículas y fibras de madera

Tableros OSB

Los tableros OSB (Oriented Strand Board) se obtienen a partir de virutas de madera orientadas en una dirección y encoladas con adhesivos aptos para uso exterior. En construcción se utilizan como producto alternativo a los tableros contrachapados.

Para los tableros OSB estructurales, la normativa establece tres clases técnicas en función de las condiciones de humedad a las que vaya a trabajar el tablero y la mejora en sus prestaciones mecánicas. Las clases técnicas son: OSB2 (CS1 CU1), OSB3 (CS2 CU2) y OSB4 (CS2 CU2).

Perfiles de virutas (LSL, OSL)

Los perfiles de virutas son productos fabricados a partir de virutas de madera de distinto tamaño, orientadas en la dirección longitudinal del perfil y encoladas con adhesivos estructurales de tipo fenólico, de resorcina o isocianato (Oriented Strand Lumber, OSL o Laminated Strand Lumber LSL). Las aplicaciones son estructurales.

Tableros de partículas

Los tableros de partículas son productos obtenidos a partir del encolado de partículas de madera u otro material leñoso, utilizando presión y temperatura para lograr la forma del tablero y el fraguado del adhesivo. En el mercado son conocidos también como tableros aglomerados, aunque su denominación correcta sería “tableros aglomerados de partículas”. Los empleos son muy variados, para su uso en construcción hay productos específicos para aplicaciones altamente resistentes incluso en medio húmedo, tales como entrevigados de cubierta y forjados, base de suelos, viguetas mixtas o tabiques interiores; recubrimientos de paredes y falsos



Tablero OSB, <https://es.123rf.com>



Perfiles de virutas OSL,
<https://natural-resources.canada.ca>

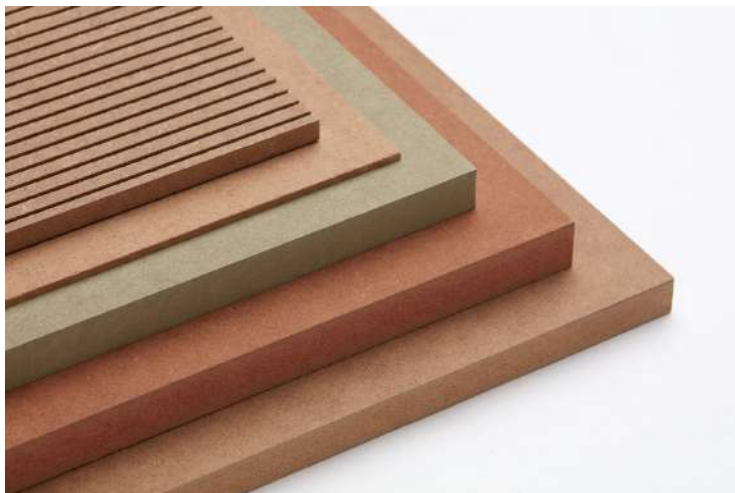


Tablero de partículas,
<https://edu.forestry.es>

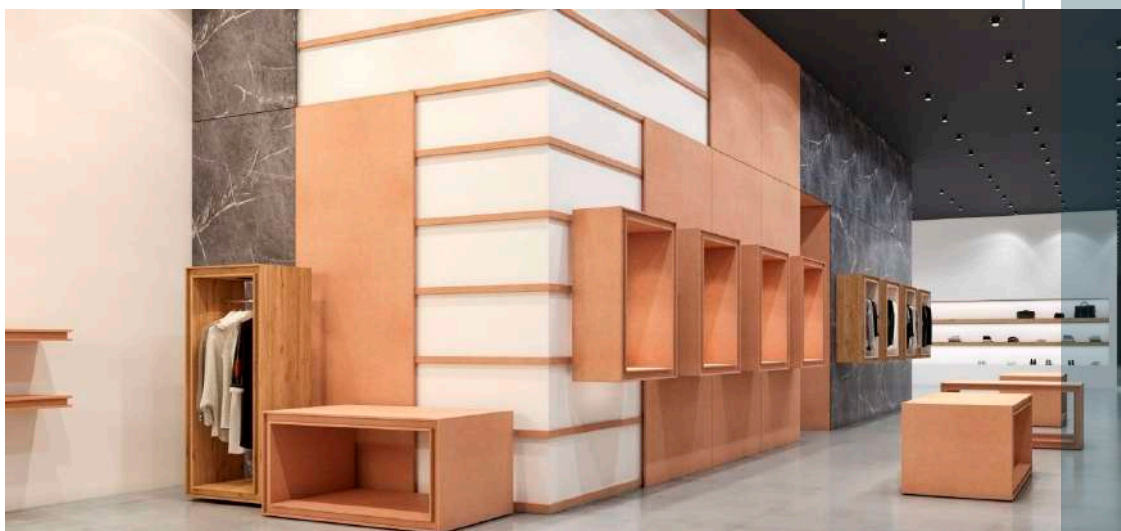
techos. También en carpinterías, fundamentalmente hojas de puerta y en elementos lineales como rodapiés, zócalos y tapajuntas; en mobiliario de oficina, cocina y baño, así como mobiliario en general. Otras aplicaciones son encofrados, embalajes y prefabricados moldeados.

Para los tableros estructurales, la normativa establece cuatro clases técnicas en función de las condiciones de humedad a las que vaya a trabajar el tablero y la mejora en sus prestaciones mecánicas. Las clases técnicas son: P4 (CS1 CU1), P5 (CS2 CU2), P6 (CS1 CU1) y P7 (CS2 CU2).

Productos derivados de virutas, partículas y fibras de madera



Tableros de fibras MDF, <https://catalogo.maderasacuna.es>



Mueble realizado con tablero de fibras MDF, Sonae Arauco, <https://www.archiexpo.es>

Tableros de fibras

Los tableros de fibras están fabricados a partir de fibras lignocelulósicas mediante la aplicación de presión y temperatura, con adición o no de un adhesivo, según los distintos tipos de tableros. Existe una gran variedad según las densidades, tipos de encolado o resistencias mecánicas. Dependiendo de la densidad del tablero se clasifican en: tableros de fibras de densidad media (MDF), tableros de fibras duros (HB), tableros de fibras semiduros (MBH) y tableros de fibra aislante. Los tableros de densidad media MDF son los más utilizados y habituales en el mercado. Los usos son múltiples: en aplicaciones estructurales, entrevigados de cubierta y forjados, base de suelos, y viguetas mixtas. En carpinterías, fundamentalmente puertas, zócalos, rodapiés, tapajuntas, etc.; recubrimiento de paredes y falsos techos, tabiques interiores y suelos laminados; en mobiliario de cocina, baño y oficina y mobiliario general. También intervienen en otras aplicaciones como embalajes y prefabricados (tableros de fibra duros). Las siglas MDF, HB y MBH se corresponden, respectivamente, con las iniciales de Medium Density Fiberboards, Hard Board y Medium Board Heavy.

La normativa establece dos clases técnicas para cada uno de los tipos de tableros de fibra. Tableros de fibras duros: HB.LA (CS1 CU1) y HB.HLA1 y 2 (CS2 CU2); tableros de fibras de densidad media: MDF.LA (CS1 CU1) y MDF.HLS (CS2 CU2); y tableros de fibras semiduros: MBH.LA1 y 2 (CS1 CU1) y MBH.HLS1 y 2 (CS2 CU2).



Productos complejos en combinación con otros materiales

Tableros madera cemento

Los tableros de madera-cemento son tableros de partículas aglomeradas con cemento. Existen dos tipos dependiendo de la densidad: el denominado comercialmente tablero de Cemento Portland de muy alta densidad empleado como aislante acústico, muy utilizado en fachadas; y el realizado con Magnesita, denominado en el mercado lana de madera, muy empleado como aislante térmico y corrector acústico por su baja densidad.

La normativa establece para los tableros de madera cemento una clase técnica: CPO (CS2 CU3).



Tableros sándwich

Los tableros sándwich se obtienen de la combinación de diferentes tipos de tableros derivados de la madera entre sí o con otros materiales. También denominados paneles sándwich, son productos que suelen incorporar tableros en sus caras externas, frisos de madera y/o placas de cartón-yeso en su cara interna y aislante en el alma del tablero. Se emplean como base de cubiertas, fachadas y tabiquería, aportando aislamiento térmico y confort acústico. Según la normativa, se clasifican como tableros con función estructural (ETAG 019) y tableros con función de cierre (ETAG 016).



Tablero sándwich madera - poliestireno extruído XPS - tablero de partículas, <https://maderasmarbella.es>



Estructuras mixtas: (izq) viguetas de pino + alma de OSB; (der) viguetas de pino + alma de contrachapado, <https://ecohabitar.org>

Estructuras mixtas

Las estructuras mixtas comprenden una familia amplísima de productos. Se pueden mencionar, entre otras, las estructuras mixtas de cubierta, como los casetones y los tableros complejos de cubierta que combinan pares de madera con tableros o frisos. También perfiles, como viguetas mixtas fabricadas con madera, LVL, OSB, tablero de partículas u otros materiales y cerchas prefabricadas para la construcción industrializada.

Productos complejos en combinación con otros materiales

Tableros aligerados

Los tableros aligerados, también denominados tableros alveolados o atamborados, están formados por un alma ligera de alvéolos de papel o cartón y caras de tablero de partículas, fibras o contrachapado. A diferencia de los tableros sándwich, los tableros aligerados se utilizan en carpintería, tabiquería ligera y mobiliario por no tener uso resistente.



Tableros alveolados, <https://www.interempresas.net>



Composites madera-plástico

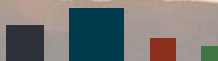
Los composites de madera-plástico son productos que se obtienen de la mezcla de fibras de madera con plásticos. El comportamiento es muy variable en función del porcentaje de fibra de madera y el tipo de plástico de matriz. Las aplicaciones más importantes suelen ser en suelos, tabiquería, perfiles de ventana, etc.

Suelo y barandilla a base de composite de madera y plástico, <https://protecciondelamadera.com>



"LA MADERA, ENTONCES,
ERA LA MÁS DIVERSA,
LA MÁS MOLDEABLE,
LA MÁS ÚTIL DE TODOS
LOS MATERIALES QUE EL
HOMBRE HA EMPLEADO
EN SU TECNOLOGÍA:
LA PIEDRA ERA, EN EL
MEJOR DE LOS CASOS, UN
ACCESORIO"

Lewis Mumford



Templo de Kiyomizu-dera del s. VIII, Kyoto, Japón,
<https://www.etsy.com>



Ventanas

Las ventanas como elementos de carpintería de huecos pueden estar fabricadas con madera o combinando madera al interior y metal al exterior. En la actualidad los perfiles laminados han sustituido a la madera maciza en la fabricación de los elementos que la componen. En el mercado existe una gran cantidad de tipologías: pivotante, abatible, oscilobatiente, basculante, corredera, de guillotina o plegable.



Ventana de madera,
<https://www.indiamart.com>

Puertas

Las puertas son elementos de carpintería de hueco para las cuales existen diversas tipologías según la clasificación que se emplee. Según su situación: puertas exteriores e interiores, distinguiendo estas últimas entre puertas de entrada, de paso y de armario. Según su constitución: planas, carpinteras o plafonadas y mixtas. Por último, las puertas especiales como son las resistentes al fuego, las de seguridad, distinguiéndose entre puertas blindadas y acorazadas y las puertas aislantes, diferenciándose a su vez en puertas de radiaciones y acústicas.



Puerta de madera,
<https://www.pinterest.es>



Suelos de madera maciza

Los suelos de madera maciza suelen estar formados por lamas o tablillas de pequeñas dimensiones, siendo conocidos en el mercado como tarima o parquet. La tarima tiene dimensiones más grandes que el parquet y suele estar instalada sobre rastreles, a diferencia del parquet que se coloca pegado a la solera.



Tablas de parquet,
<http://www.parquetparedes.com>

Suelos multicapa

Los suelos multicapa están formados normalmente por tres capas de lamas de grandes dimensiones, en los que la capa media e inferior son generalmente de tableros de partículas, de fibras o de madera de baja calidad, mientras que la capa exterior es una lámina de madera noble. Los suelos laminados reciben en el mercado diferentes denominaciones, tales como suelo tricapa, parquet flotante o tarima flotante; estas dos últimas denominaciones, por su modo de instalación.



Suelo multicapa de roble,
<https://www.allwood.es>

Suelos laminados

Los suelos laminados están formados por diferentes capas, la del núcleo o soporte está constituida generalmente por un tablero de fibras de densidad media MDF y recubierta con varias capas de papel impregnadas de resinas. Los papeles impregnados tienen diferentes funciones, dependiendo de la capa donde se sitúen. Se distinguen tres tipos: papel decorativo en la cara vista, un segundo tipo de protección del decorativo y un tercer papel en la cara oculta que compensa las posibles deformaciones del soporte MDF. Su sistema de colocación flotante y su alta dureza hacen muy competitivo al suelo laminado en su instalación y prestaciones en uso.



Suelo laminado,
<https://www.monparquet.es>



Certificación de los productos de madera para construcción



En el mercado de los productos de madera para construcción existen diversos certificados dirigidos a garantizar aspectos relacionados con la calidad, el medioambiente y la procedencia de la materia prima. La certificación conlleva que una tercera parte verifica que un producto o proceso cumple con los requisitos establecidos.

Una primera clasificación de las diferentes certificaciones que afectan a los productos de madera para construcción puede ser la que distingue entre certificación técnica y certificación medioambiental.

Certificación técnica

La certificación técnica hace referencia a los aspectos productivos y cualitativos de la industria y productos de la madera. Dentro de la certificación técnica pueden distinguirse la certificación obligatoria y la certificación voluntaria.

Certificación obligatoria

Es aquella que viene mandatada como requisito de un Reglamento o transposición de una Directiva y debe realizarse necesariamente antes de comercializar un producto o proceso. En el ámbito de la madera esto afecta tanto a los productos con la aplicación del **Reglamento de Productos de la Construcción (RPC)** y el

Reglamento de Biocidas en el uso de la madera tratada contra agentes biológicos, como a la calidad del proceso constructivo con madera derivado del cumplimiento de lo establecido en el **Código Técnico de la Edificación (CTE)** y que atañe no solo a los productos en aspectos relacionados con su recepción, almacenamiento y transporte a obra, sino también a lo relativo al diseño, cálculo y ejecución.

El **Reglamento de Productos de Construcción** fija condiciones para la comercialización de productos de construcción, estableciendo reglas armonizadas para expresar las prestaciones de estos productos en relación con los requisitos esenciales sobre seguridad y habitabilidad que tienen que cumplir y sobre el uso del **mercado CE** de dichos productos. Para los productos que quedan encuadrados dentro del ámbito de aplicación de una norma armonizada, el RPC establece la obligatoriedad de incorporar el marcado CE previa evaluación técnica del producto y posterior emisión por parte del fabricante de una Declaración de Prestaciones del producto. En el caso de los productos carentes de norma armonizada el mercado CE no resulta obligatorio, aunque puede incorporarse de forma voluntaria siempre que el fabricante acuda a un Organismo de **Evaluación Técnica (OET)**, notificado por algún Estado Miembro y solicite y obtenga una Evaluación Técnica Europea (ETE) de su producto. El marcado CE en ningún caso puede considerarse como una marca de calidad, ni una marca de origen de la Unión Europea. El marcado CE debe entenderse como un pasaporte que acompaña a la comercialización y uso de un producto de construcción y que permite homogeneizar la expresión de las características esenciales de dicho producto para el uso previsto.



Ejemplo de etiquetado CE para madera aserrada estructural C24

EL MERCADO CE DEBE ENTENDERSE
COMO UN PASAPORTE QUE ACOMPAÑA
A LA COMERCIALIZACIÓN Y USO DE UN
PRODUCTO DE CONSTRUCCIÓN Y QUE PERMITE
HOMOGENEIZAR LA EXPRESIÓN DE LAS
CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DE DICHO
PRODUCTO PARA EL USO PREVISTO.

Certificación voluntaria

Hace referencia a todos aquellos requisitos que un proceso o producto de madera destinado a la construcción cumple de forma voluntaria para añadir más confianza en el mercado. Se distingue entre la **certificación de los procesos productivos** o Sistemas de Gestión de la Calidad a través de las normas **ISO 9000** y la **certificación de la calidad de los productos**.

Las normas de la serie **ISO 9000** son normas internacionales que establecen el marco para la gestión de los procesos de una organización. Estos sistemas se fundamentan en la idea de que hay ciertos elementos que toda organización debe tener bajo control, con el fin de garantizar que los productos se obtengan de forma continuada con la calidad requerida, permitiendo detectar y corregir los fallos. El conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad es lo que se entiende por **Sistema de Gestión de Calidad (SGC)**. Hay que señalar que el hecho de que una empresa posea la certificación ISO 9000 no garantiza la calidad de los productos, pero sí la calidad de los procesos productivos, es decir, que la empresa producirá con absoluta regularidad productos de unas características predefinidas.

La **certificación de la calidad de los productos**, -sean estas materias primas, productos semielaborados o productos finales-, se debe hacer basándose en normas de ámbito nacional (UNE), europeo (EN) o internacional (ISO). Esta certificación puede ser emitida por el fabricante, siempre y cuando el mercado le reconozca el suficiente prestigio para ello, aunque lo habitual es que sea emitida por terceras partes a través de los denominados Sellos o Marcas de calidad. En este último campo pueden citarse la **Marca AENOR** y los **Sellos de AITIM**.

Cuando la certificación de calidad de productos exige el previo ensayo de estos para el mantenimiento de la cadena de calidad, es corriente exigir que dicho ensayo se lleve a cabo en **laboratorios acreditados ENAC** (Entidad Nacional de Acreditación), según lo establecido en la norma **ISO 17025**.



Marcado AITIM de la empresa Molduras del Noroeste S.L.



Madera maciza tratada - C.R. 3 y 4



Certificación medioambiental

La certificación medioambiental puede tener carácter voluntario o ser obligatoria por exigencia reglamentaria o prescripción. Esta certificación puede aplicarse a las materias primas, a los productos y a los procesos productivos. Por una parte, trata los sistemas actualmente existentes para la certificación de procedencias de materias primas o **Certificación Forestal**, así como la **Certificación de la Cadena de Custodia**. Por otra, en este grupo también se contemplan la certificación ecológica de los productos, a través de la etiqueta ecológica o **Eco-etiqueta** y la certificación medioambiental de los procesos, a través del conjunto de normas **ISO 14000** y de la norma **UNE EN ISO 14006 de Ecodiseño**. Una consideración aparte merece la metodología del **Análisis de Ciclo de Vida** (ACV) para la evaluación de la sostenibilidad medioambiental de los productos de madera y de los procesos constructivos. Esta evaluación se puede aplicar al producto utilizando un formato denominado **Declaración Ambiental de Producto** (DAP) o a un proceso obteniendo en este caso la **Huella ambiental** del proceso constructivo.



Certificación medioambiental de materias primas

CERTIFICACIÓN FORESTAL

Es un proceso voluntario mediante el cual una tercera parte independiente audita y acredita que la gestión llevada a cabo en un bosque se realiza de forma sostenible cumpliendo con unos criterios ecológicos, sociales y económicos previamente reconocidos en un Sistema de Certificación. En España, al igual que a nivel mundial, los dos sistemas de certificación forestal que se encuentran operativos son **PEFC** y **FSC**. Ambos garantizan al consumidor que los productos forestales certificados proceden de montes gestionados de forma sostenible.

CERTIFICACIÓN DE LA CADENA DE CUSTODIA

Es el mecanismo por el cual se puede garantizar al consumidor final que el producto que adquiere proviene de bosques gestionados bajo criterios de sostenibilidad. En este proceso se verifica cuál es el origen de la materia prima y se efectúa un seguimiento de esta, desde su extracción en el monte, su procesado, transporte y distribución del producto, hasta que llega al consumidor final. Es decir, se asegura que el producto final proviene de materia prima certificada por gestión forestal sostenible. Al igual que para la certificación forestal, en la certificación de cadena de custodia también se encuentran operativos los dos sistemas ya mencionados, **PEFC** y **FSC**.



Sellos FSC, PEFC de madera certificada

En ocasiones se hace uso de la expresión **“madera certificada”**: esta es una forma ambigua de comunicar que se trata de una madera para la cual una Organización externa certifica que procede de la gestión sostenible de bosques y que, incluso, puede referirse a todo el proceso productivo posterior, garantizando la perfecta trazabilidad del material desde el bosque al empleo final.

Certificación medioambiental de productos

ECO-ETIQUETA

Es un distintivo oficial para promover los productos que tienen un efecto ambiental reducido durante todo su ciclo de vida y, así mismo, proporcionar a los consumidores información exacta, no engañosa y con base científica sobre la repercusión ambiental de los productos. La obtención de una Eco-Etiqueta se consigue cumpliendo una serie de criterios ambientales relacionados con la limitación del consumo de agua y energía, la reducción de la producción de residuos, vertidos y emisiones, el uso de fuentes de energía renovables y la difusión de la información ambiental.



"SER SOSTENIBLE NO ES SÓLO LAVAR
LAS CULPAS Y TENER CUIDADO
DEL MEDIO AMBIENTE, SINO SER
SOCIALMENTE JUSTO, RESPONSABLE
CON EL AMBIENTE Y, POR LO TANTO,
TAMBIÉN ECONÓMICAMENTE VIABLE"

Cecilia Goya Riviella



Certificación medioambiental de procesos

ECODISEÑO

Hace referencia al cumplimiento de la norma **UNE EN ISO 14006** de Gestión ambiental del proceso de diseño y desarrollo. Implica un sistema de gestión que establece, bajo el compromiso de mejora continua, la forma de organizar una instalación a fin de lograr que los productos que utilizan sean materiales menos contaminantes, que se fabrican mediante producción limpia, que incorporan mejoras ambientales en la distribución y que reducen los impactos que producen durante el uso y al final de su vida útil. La certificación es el reconocimiento expreso de aquellos productos/ servicios que finalmente han logrado una mejora ambiental.

NORMAS DE LA SERIE ISO 14000

Son normas internacionales que se refieren a la gestión ambiental de las organizaciones. Su objetivo básico es la estandarización de formas de gestionar los procesos de producción y prestar servicios que protejan al medio ambiente, minimizando los efectos dañinos que pueden causar las actividades organizacionales. Los estándares que promueven las normas ISO 14000 están diseñados para proveer un modelo eficaz de **Sistemas de Gestión Ambiental (SGA)**, que identifica políticas, procedimientos y recursos para cumplir y mantener un proceso gerencial ambiental efectivo, lo que conlleva evaluaciones rutinarias de impactos ambientales y el compromiso de cumplir con las leyes y regulaciones vigentes en el tema, así como también la oportunidad de continuar mejorando el comportamiento ambiental.

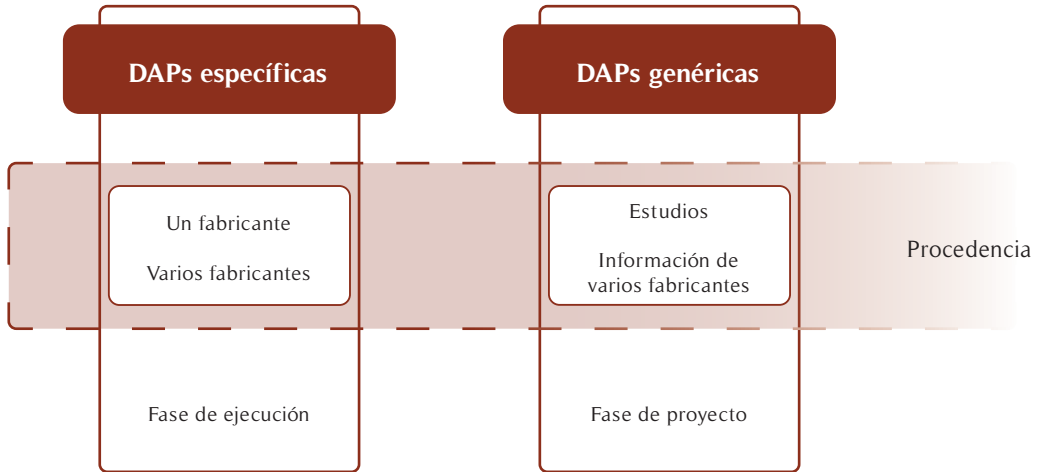
Metodología de análisis de ciclo de vida (ACV)

Entendida esta como un procedimiento de evaluación ambiental de productos o procesos, sirve de apoyo a la toma de decisiones encaminadas a disminuir los impactos en el proceso constructivo. El ACV no solo hace referencia a las cargas ambientales en la fase de producción de un producto, sino también a todas las que se producen en las etapas del proceso constructivo, fabricación del producto, transporte y proceso de construcción, y etapas de uso y de fin de vida del edificio.

Para poder comunicar de una forma homogénea los resultados del ACV aplicado a un producto se utiliza el formato de **Declaración Ambiental de Producto** (DAP). En la DAP se muestra información cuantitativa sobre los impactos ambientales que ocasiona un producto, siguiendo la norma **UNE-EN 15804**. La DAP es clasificada como una ecoetiqueta de Tipo III y es verificada necesariamente por tercera parte.

Existen diferentes tipos de DAPs. Uno de los criterios para su clasificación hace referencia a la procedencia de los datos, diferenciando entre **DAPs específicas** y **DAPs genéricas**. Las DAPs específicas proceden de un fabricante (DAPs Particulares) o de varios, -normalmente fabricantes tipo (DAPs Sectoriales). Por otra parte, las DAPs pueden proceder de estudios, de información de varios fabricantes, etc., y entonces son denominadas DAPs genéricas. Para la evaluación del proceso constructivo, las DAPs genéricas aportan información ambiental necesaria en la fase de proyecto, mientras que en las DAPs específicas la información aportada es utilizada en la fase de ejecución.


ENVIRONMEN




Clasificación de las DAPs

EPD®

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION



Servicios ecosistémicos asociados a la producción de productos de madera para la construcción



Santa Elena, Jaén, Marta Conde García



Los servicios ecosistémicos de los montes productores de madera

La madera es una materia prima de origen forestal con múltiples aplicaciones, entre las que se encuentra la fabricación de productos para construcción. Un producto de madera es adecuado para una determinada función cuando es capaz de satisfacer los requisitos necesarios relacionados con esa función, como su resistencia, durabilidad, estanqueidad, aislamiento, etc. Todos estos atributos están condicionados, a su vez, por las características de la masa forestal de la que proviene, incluyendo la composición específica, el tipo de suelo sobre el que se desarrolla, las condiciones ambientales durante su crecimiento, los tratamientos selvícolas que ha recibido, etc.

Como es sabido, los beneficios obtenidos de los ecosistemas están directamente conectados con su estructura y los procesos que albergan que, a su vez, determinan las funciones ecológicas que realizan.

Estos beneficios, tangibles o no, que obtiene la sociedad de los ecosistemas se conocen como servicios ecosistémicos y pueden ser generados por los componentes vivos (madera procedente de los árboles) o no vivos (minerales procedentes del subsuelo) de los mismos.

La Clasificación Internacional Común de los Servicios Ecosistémicos (Common International Classification of Ecosystem Services, CICES, por sus siglas en inglés) ha sido desarrollada por la Agencia Europea de Medioambiente como



una clasificación de los servicios ecosistémicos desde el punto de vista de los beneficios que las personas pueden obtener de los ecosistemas. Desde esta perspectiva, los servicios ecosistémicos se clasifican en tres grandes grupos:

PROVISIÓN O ABASTECIMIENTO: productos obtenidos de la naturaleza para su consumo o utilización ya sea de manera directa o tras un proceso de transformación.

REGULACIÓN: procesos ecológicos que mejoran o hacen posible la vida.

CULTURALES: valores o beneficios no materiales que se obtienen de la naturaleza a través del enriquecimiento personal o espiritual.

Uno de los servicios ecosistémicos de regulación más conocido es el de sumidero de carbono de las masas forestales. Durante el crecimiento de los árboles el carbono se fija a los nuevos tejidos creados, quedando almacenado en la madera que se forma y en los productos que se obtengan de ella.



Etoriki Cooperativa

Los productos de madera como confinadores de carbono

Fijación, secuestro y almacenamiento de carbono

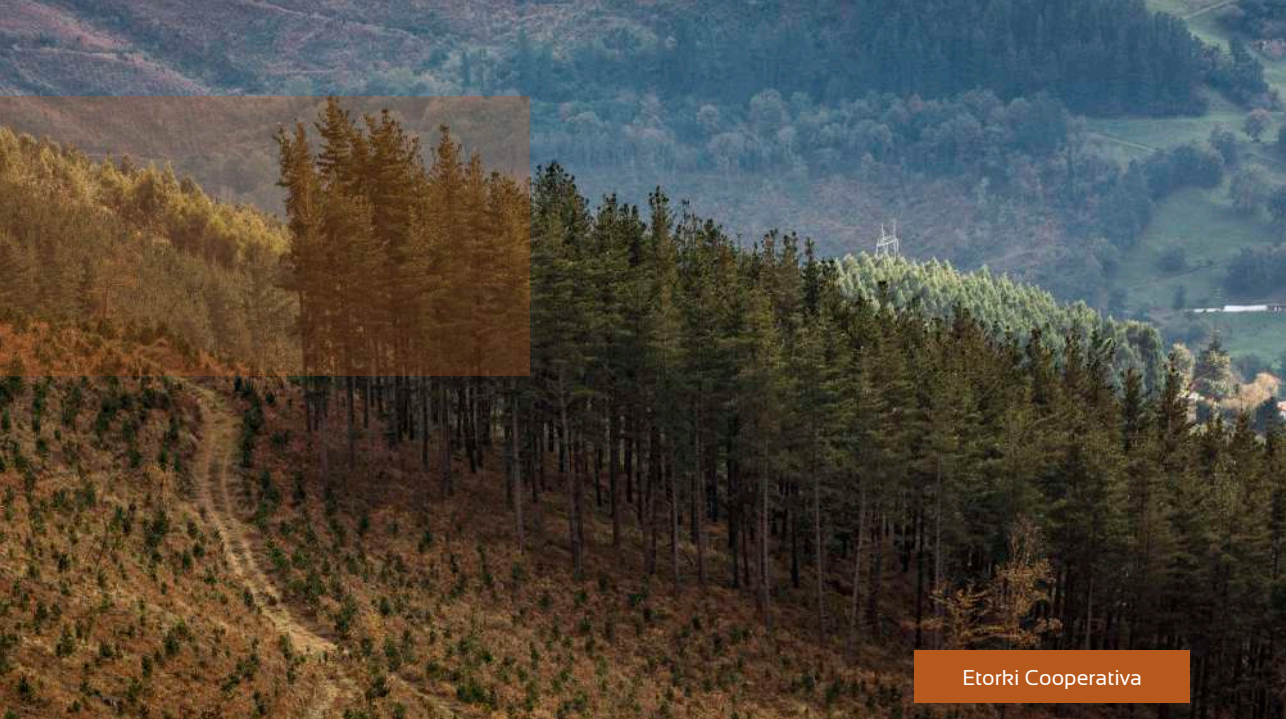
La fotosíntesis es el proceso fisicoquímico por el cual las plantas, algas, bacterias fotosintéticas y algunos protistas (por ejemplo, las diatomeas) utilizan la energía de la luz para transformar el dióxido de carbono atmosférico en hidratos de carbono.

En el caso de las plantas, la fijación del carbono tiene lugar en el estroma del cloroplasto mediante un conjunto de reacciones conocidas como **metabolismo del carbono** en la **fotosíntesis**. Este proceso de incorporación del carbono en los tejidos orgánicos se denomina **fijación del carbono**.

De manera general, se puede afirmar que los tejidos vivos están compuestos por carbono en un 45 – 50% de su peso seco. En el caso de la biomasa vegetal, Kollmann (1959) establece que el contenido en carbono de la madera es similar entre especies y entre las distintas partes del árbol, considerándose este valor del 50%, valor que también recomienda el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 1996) en caso de no disponer de datos específicos para la especie estudiada.

Los bosques tienen un potencial de fijación de carbono asociado a su capacidad de crecimiento que depende de la composición específica, estructura, clases de edad, características de la estación (clima, suelo...) y gestión selvícola, entre otros factores. Pero hay que tener en cuenta la biomasa perdida por respiración autotrófica, heterotrófica y otras perturbaciones (plagas, incendios, enfermedades, extracciones de madera...). El resultado de este balance se conoce como **Producción Neta del**





Etorri Cooperativa

Bioma y representa la cantidad de carbono fijada en una masa forestal durante un año, conocida también como **secuestro de carbono** y medida en kg C / año.

Sin embargo, a la hora de evaluar el papel de sumidero de carbono que juega una masa forestal, es necesario conocer el valor del carbono acumulado durante toda su vida. A este valor se le denomina **almacenamiento de carbono** y se mide en kg de C.

Una de las aplicaciones de la obtención del valor del contenido en carbono de los bosques o los productos de madera obtenidos de ellos es la de cuantificar su papel en la compensación de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero de la atmósfera. Como se detalla en el siguiente epígrafe, estas emisiones se expresan en kg de $\text{CO}_{2\text{-eq}}$. Por lo tanto, el contenido en carbono biogénico de un producto debe expresarse en esta unidad. Para ello sólo hay que tener en cuenta las masas molares del carbono (12) y del dióxido de carbono (44) para establecer la proporción entre ambas unidades, de manera que 12 kg de C equivalen a 44 kg de $\text{CO}_{2\text{-eq}}$, lo que supone un factor de conversión de 3,67.

Carbono biogénico

Una de las ventajas comparativas que presentan los productos de madera frente a otros productos de origen no biológico en términos medioambientales es su capacidad para fijar y almacenar carbono en sus tejidos leñosos a lo largo de toda la vida del árbol y de la vida útil de los productos que se obtengan de él.

La metodología de ACV tiene en cuenta esta característica diferenciadora de los productos de madera y la incorpora en el cálculo de los impactos asociados a su ACV mediante la cuantificación del **Potencial de Calentamiento Global – biogénico**, que se desarrollará más adelante. Concretamente, la norma UNE-EN 16449 “Madera y productos derivados de la madera. Cálculo del carbono biogénico de la madera y conversión en dióxido de carbono” establece las bases matemáticas para la cuantificación del carbono biogénico.

En el caso de los productos de madera para construcción hay que tener en cuenta la influencia de la humedad en sus dimensiones y densidad por estar relacionadas con la cantidad de carbono almacenado.

La metodología de cálculo del carbono biogénico se desarrolla en mayor profundidad en el capítulo 5.



CO₂



O₂

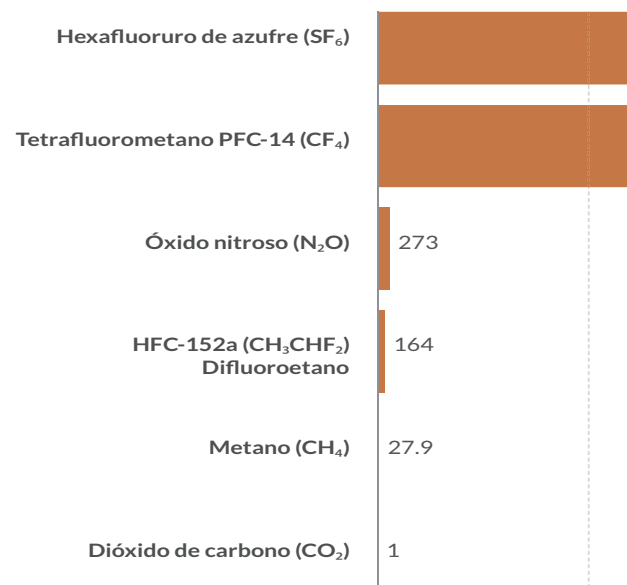
LA MADERA PRESENTA LA VENTAJA
DE FIJAR Y ALMACENAR CARBONO A
LO LARGO DE LA VIDA DEL ÁRBOL Y
DE LA VIDA ÚTIL DE LOS PRODUCTOS
OBTENIDOS DE ÉL

El potencial del calentamiento global

Una de las ventajas comparativas en términos medioambientales de los productos de madera para construcción frente a productos de origen no biológico es su capacidad para almacenar carbono atmosférico. A su vez, durante el ciclo de vida de un producto, se generan emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera por lo que es necesario enfrentar estas emisiones con la capacidad de almacenamiento de carbono para conocer la verdadera ventaja medioambiental de su uso.

Los gases de efecto invernadero son aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, de origen natural o antropógeno, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre que es emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Este proceso ocasiona el efecto invernadero, que hace que esta energía quede atrapada en forma de calor en la atmósfera durante más tiempo y se produzca un aumento de la temperatura cerca de la superficie terrestre.

Los gases de efecto invernadero primarios son el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3). Además, la atmósfera contiene cierto número de gases de efecto invernadero de origen enteramente antropógeno, como los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo, y contemplados en el Protocolo de Montreal. Además del CO_2 , N_2O y CH_4 , el Protocolo de Kioto contempla los gases de efecto invernadero hexafluoruro de azufre (SF_6), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC).

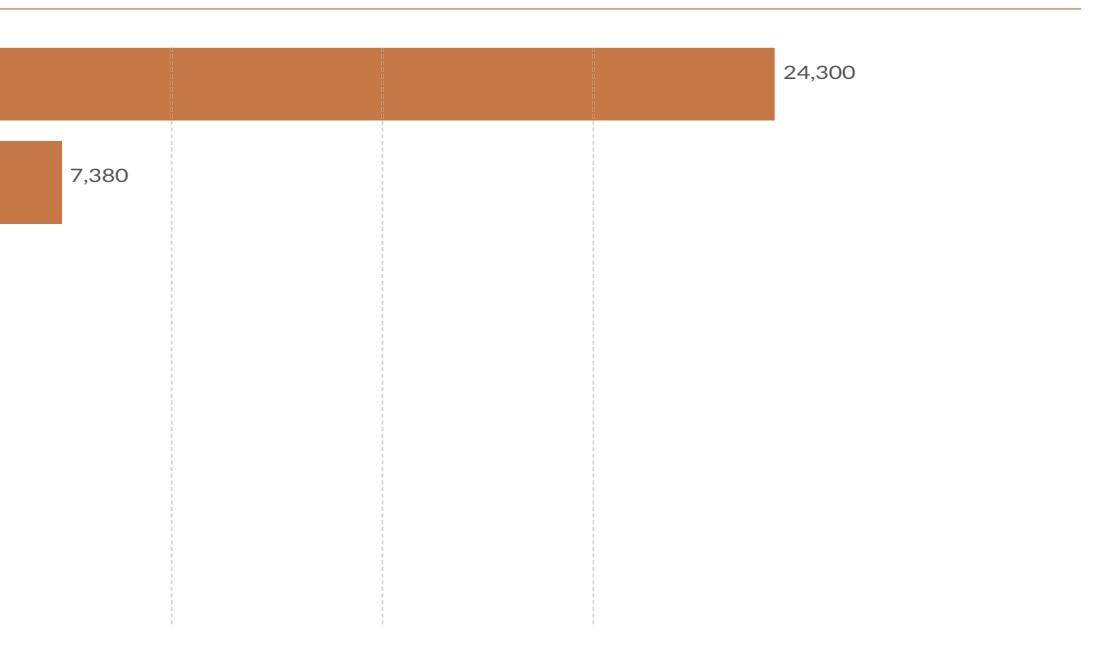


Fuente: IPCC (2021)

Los diferentes gases de efecto invernadero tienen una influencia distinta en el calentamiento global de la Tierra. Al absorber la energía, estos gases ralentizan la tasa a la que esta energía escapa de la atmósfera terrestre al espacio. El tiempo que la **energía** permanecerá retenida en la atmósfera depende de la capacidad de los gases de efecto invernadero para absorber energía (**eficiencia radiativa**) y del tiempo que permanecen en la atmósfera (**lifetime**).

El indicador **Potencial de Calentamiento Global** (Global Warming Potential, **GWP**, por sus siglas en inglés) permite comparar los impactos en el calentamiento global que tienen los distintos gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera. Fue definido por el **Panel Intergubernamental del Cambio Climático** en 1990 y adoptado posteriormente por el **Protocolo de Kioto**. Se define como la cantidad de energía que absorbería la emisión de una tonelada de gas durante un período de tiempo definido en relación con la emisión de una tonelada de dióxido de carbono. Consecuentemente, cuanto mayor sea el valor del GWP mayor será la capacidad del gas en cuestión para calentar la atmósfera en comparación a la capacidad del dióxido de carbono para el período de tiempo considerado.

GWP de los principales gases de efecto invernadero
Comparación de los impactos en el calentamiento global de los principales GEI para un período de 100 años






Por definición el dióxido de carbono tiene un GWP igual a 1, con independencia del período de tiempo de referencia considerado en el análisis. Además, hay que tener en cuenta que su *lifetime* es de miles de años. A diferencia del dióxido de carbono, el metano tiene un GWP entre 28 y 36 para un período de referencia de 100 años. Sin embargo, su *lifetime* es de décadas por lo que sus efectos se mantienen por un período de tiempo muy inferior al del dióxido de carbono. Como el metano absorbe mucha más energía que el dióxido de carbono, para un período de tiempo corto, el efecto neto de absorción de energía es mayor y, consecuentemente, su GWP. Sin embargo, al considerar períodos de tiempo más largos, el valor del GWP se reduce y su efecto en el calentamiento global es menor. Consecuentemente, hay que tener en cuenta que dos emisiones de gases de efecto invernadero distintos pero con idéntico GWP no tienen por qué tener una evolución temporal equivalente en lo relativo a su efecto en el clima



ya que, para un tiempo de referencia de 100 como considera el Protocolo de Kioto, el efecto de la reducción de las emisiones actuales de gases de efecto invernadero de vida corta (como el metano) tendrá un menor efecto en la reducción de la temperatura al final del período considerado que el propio dióxido de carbono.

Por lo tanto, hay que tener en cuenta que el GWP cambia con el tiempo por dos razones. La primera es que los distintos *lifetimes* de los gases de efecto invernadero hacen que sus respectivas concentraciones en la atmósfera se vayan ajustando con el tiempo. Además, las estimaciones científicas de estas concentraciones, así como de los respectivos *lifetimes*, se actualizan conforme se avanza en el conocimiento y se mejoran las metodologías de medición.





El GWP permite comparar los futuros impactos climáticos de emisiones de gases de efecto invernadero de vida larga desde una perspectiva multigás que incluya también el efecto de los gases de vida corta. Por ejemplo, el metano y los óxidos de nitrógeno (NO_x) son gases de vida corta pero también son precursores del ozono que es, por sí mismo, un gas de efecto invernadero de vida corta. Parece evidente que existen cobeneficios sustanciales al realizar acciones de reducción que involucren a los gases de vida corta, pero hay que tomar en consideración una limitación que presenta el empleo del GWP al respecto ya que, mientras que su valor para los gases de vida larga no depende del momento de emisión ni de la ubicación espacial, el valor de los gases de vida corta tiene una importante dependencia espacio temporal.

La unidad de medida del GWP es el $\text{kg CO}_{2\text{-eq}}$, definido como la cuantía de emisión de dióxido de carbono que causarían el mismo forzamiento radiativo integrado, en un plazo de tiempo dado, que cierta cantidad emitida de un gas de efecto invernadero o de una mezcla de gases de efecto invernadero. Las emisiones de dióxido de carbono equivalentes se calculan multiplicando la emisión de un gas de efecto invernadero por su potencial de calentamiento global en el plazo de tiempo especificado. En el caso de las mezclas de gases de efecto invernadero, se suman las emisiones de dióxido de carbono equivalentes correspondientes a cada gas.

El Potencial de Calentamiento Global en el ACV de productos de madera para construcción

En relación con la repercusión que tiene la fabricación y uso de productos de madera para construcción en las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, la norma UNE-EN 15804 “Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de categoría de producto básicas para productos de construcción” incluye entre sus categorías de impacto ambiental básicas: **Cambio climático total (GWP-total)**, **Cambio climático-fósil (GWP-fossil)**, **Cambio climático-biogénico (GWP-biogenic)** y **Cambio climático-uso del suelo y cambio de uso del suelo (GWP-luluc)**. Estas categorías de impacto se miden mediante sus correspondientes indicadores de impacto definidos por los parámetros **Potencial total de calentamiento global**, **Potencial de calentamiento global de los combustibles fósiles**, **Potencial de calentamiento global biogénico** y **Potencial de calentamiento global del uso del suelo y cambio de uso del suelo**, respectivamente. Estos parámetros están definidos en base al modelo base de 100 años del IPCC (2013) y se miden en $\text{kg CO}_{2\text{-eq}}$.

El *GWP-fossil* cuantifica el GWP de todas las emisiones de GEI y de las remociones de carbono que tengan como origen los combustibles fósiles, ya sea por su oxidación o reducción. Por ejemplo, la combustión de combustibles fósiles; la combustión, incineración o vertido de materiales que contengan carbón fósil; las emisiones de GEI provenientes de la turba o la calcinación; o la carbonatación de los materiales derivados del cemento y la cal.

Por su parte, el *GWP-biogenic* incluye el GWP de la remoción de CO₂ en la biomasa a partir de todas las fuentes excepto los bosques autóctonos⁽¹⁾, mediante la transferencia entre la naturaleza y los límites del sistema de producción estudiado como consecuencia de la fijación del carbono durante el crecimiento de la biomasa que origina la materia prima para la fabricación del producto analizado. Además, se incluye aquí el carbono biogénico de aquellos otros productos que entren al sistema de producción en cuestión procedentes de otros sistemas. Tienen que incluirse también las emisiones de GEI al aire consecuencia de oxidación y degradación (por ejemplo, combustión, eliminación de residuos sólidos), así como todas las transferencias de carbono biogénico de la biomasa procedente de todas las fuentes, excepto los bosques autóctonos. Las remociones de CO₂ biogénico en la biomasa consideradas, así como las transferencias procedentes de los sistemas anteriores, deben cuantificarse como $-1 \text{ kg CO}_{2\text{-eq}}/\text{kg CO}_2$ cuando entran en el sistema, mientras que las emisiones que salgan de él deben caracterizarse como $+1 \text{ kg CO}_{2\text{-eq}}/\text{kg CO}_2$.

El *GWP-luluc* cuantifica las emisiones y la remoción de GEI originadas por el uso del suelo y de los cambios de uso del suelo debido a los procesos de almacenamiento y liberación de carbono del suelo. Incluye los intercambios de carbono biogénico resultantes de, por ejemplo, la deforestación o de otras actividades sobre el terreno (incluyendo las emisiones de carbono del suelo).

El *GWP-total* es la suma de tres subcategorías anteriores de cambio climático. Estas subcategorías deben declararse de forma separada, además de incluirse en este valor total.

(1) Los bosques autóctonos excluyen los bosques de corto plazo, los bosques degradados, los bosques gestionados y los bosques con rotaciones a corto o largo plazo (UNE-EN 15804).

Impactos ambientales de la fabricación de los productos de madera para construcción



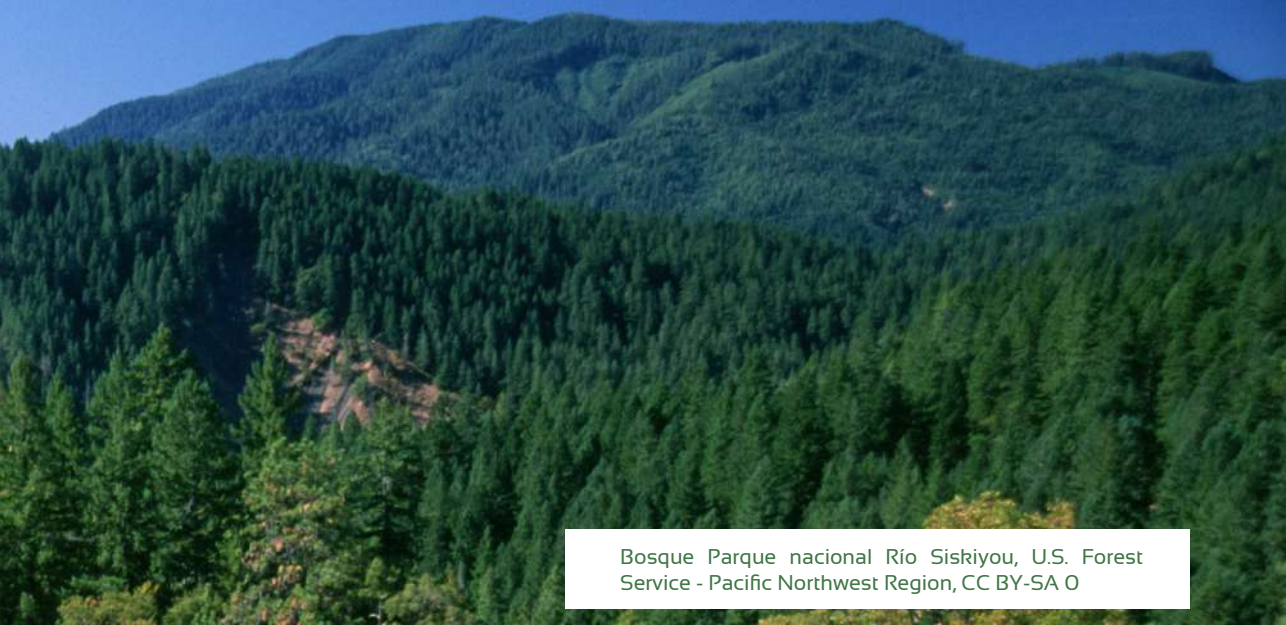
Secadero empresa Etorcki Cooperativa





El sector de la construcción tiene una gran importancia en la economía de la Unión Europea al generar 25 millones de puestos de trabajo y el 10% de su valor añadido. Pero a la vez, es el responsable del 40% del consumo de energía, del 30% de los residuos generados y del 10% de su huella medioambiental doméstica, lo que lo convierte en un sector clave para alcanzar la **neutralidad climática** que los Estados Miembros se han marcado como objetivo para 2050. Por lo tanto, debe encontrar la manera de afrontar el reto de mejorar su sostenibilidad mediante el empleo de nuevas tecnologías y productos innovadores que reduzcan sus impactos ambientales y aumenten su eficiencia en el uso de los recursos.

A la hora de evaluar la **sostenibilidad ambiental de un edificio**, es necesario tener en cuenta su ciclo de vida completo. La mejora de la eficiencia de los sistemas responsables del consumo de la energía operacional (tradicionalmente con mayor peso específico) ha desplazado el potencial de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo de las distintas etapas del ciclo de vida, redirigiendo el foco desde la etapa de uso hacia aquellas relacionadas con la energía embebida en los materiales y productos como son las etapas de extracción de materia prima, fabricación, transporte, instalación en obra, demolición y fin de vida. De este modo, las decisiones de diseño y selección de productos tomadas en las primeras etapas de proyecto del edificio por técnicos y prescriptores tienen una fuerte influencia en el consumo de energía y las correspondientes emisiones de gases de efecto invernadero durante su ciclo de vida completo.



Bosque Parque nacional Río Siskiyou, U.S. Forest Service - Pacific Northwest Region, CC BY-SA 0

En ese sentido, los **productos de madera** tienen un importante papel que jugar ya que, además de ser conocidos por reducir la huella de carbono del proceso edificatorio debido a su capacidad para almacenar carbono durante su vida útil, tienen una energía y carbono embebidos inferiores a otros productos de construcción de origen no biológico, lo que contribuye positivamente en la evaluación de impacto ambiental de los edificios. Asimismo, se caracterizan por tener una alta tasa de reutilización y reciclabilidad, reduciendo así el consumo de recursos y favoreciendo la economía circular.



Estructura de cubierta en madera laminada, <https://www.onesta.es/>

Cadena de valor Monte - Industria - Construcción

Para conocer las ventajas comparativas del uso en construcción de **productos de madera** frente a aquellos otros productos de origen no biológico, es necesario evaluar toda la cadena de valor Monte – Industria – Construcción. Existen distintos enfoques para la evaluación de la sostenibilidad de cada uno de estos sectores en función de sus características intrínsecas. Un ejemplo lo encontramos en la certificación de la gestión forestal sostenible y la cadena de custodia que garantizan la sostenibilidad de la gestión de los recursos procedentes de los montes y su trazabilidad a lo largo del proceso de transformación de los recursos forestales en productos de madera. Otro, al final de la cadena de valor, con los certificados de eficiencia energética de los edificios. Sin embargo, ninguna de estas herramientas de certificación incorpora información acerca de los impactos medioambientales generados a lo largo de toda la cadena de valor y del ciclo de vida completo del producto o edificio. Para ello, la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se presenta como una herramienta

que permite obtener de manera verificable, precisa e inequívoca la información ambiental de los productos de madera con una base científica y estandarizada, basada en los indicadores de categorías de impacto definidos por la norma UNE-EN 15804 “Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de Categoría de producto básicas para productos de construcción” y adaptada a las particularidades de cada familia de producto de construcción a través de sus correspondientes reglas de categoría de producto que, en el caso de los productos de madera para construcción, se corresponde con la norma UNE – EN 16485 “Madera aserrada y madera en rollo. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de Categoría de productos de madera y derivados de la madera para su utilización en construcción”. La incorporación de esta información ambiental de los productos de madera en la toma de decisiones durante las etapas tempranas de diseño y proyecto, cuando todavía no se han definido con detalle los productos que se utilizarán para la construcción del edificio, permite minimizar el impacto ambiental del proceso edificatorio.



Aplicación de la metodología de ACV

La aplicación de la metodología de ACV requiere la definición de las características del proceso de fabricación en cuestión a lo largo de todo su ciclo de vida. Para garantizar la homogeneidad y comparabilidad de los resultados obtenidos para distintos productos, es necesario definir, entre otros aspectos, el sistema del producto y sus límites, la unidad funcional o declarada y los escenarios considerados en cada módulo del ACV.



Maderas Abad

LÍMITES – ALCANCE DEL SISTEMA

La figura siguiente muestra los módulos que componen las distintas etapas del ACV. Según cuáles de estos sean tenidos en cuenta, el ACV se denominará de cuna a puerta (A1-A3), de cuna a tumba (A1-C4) o de cuna a cuna (A1-A1) e incorporará unos u otros escenarios de cálculo.

		Información del ciclo de vida del edificio																Información adicional más allá del ciclo de vida del edificio		
		PRODUCTO			PROCESO CONSTRUCTIVO		USO							FIN DE VIDA				BENEFICIOS Y CARGAS MÁS ALLÁ DEL LÍMITE DEL SISTEMA		
Etapas		A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D		
Módulo	Extracción y suministro de materias primas																			
			Transporte																	
				Fabricación																
					Transporte															
						Construcción - Instalación														
							Uso													
								Mantenimiento												
									Reparación											
										Sustitución										
											Rehabilitación									
												Uso de energía en servicio								
													Uso de agua en servicio							
														Deconstrucción - Demolición						
															Transporte					
																Tratamiento de residuos				
																	Eliminación de residuos			
																		Potencia de reutilización, recuperación y reciclaje		
Cuna a puerta																				
		Cuna a tumba																		
		Cuna a cuna																		

Definición de alcance para la realización de un ACV

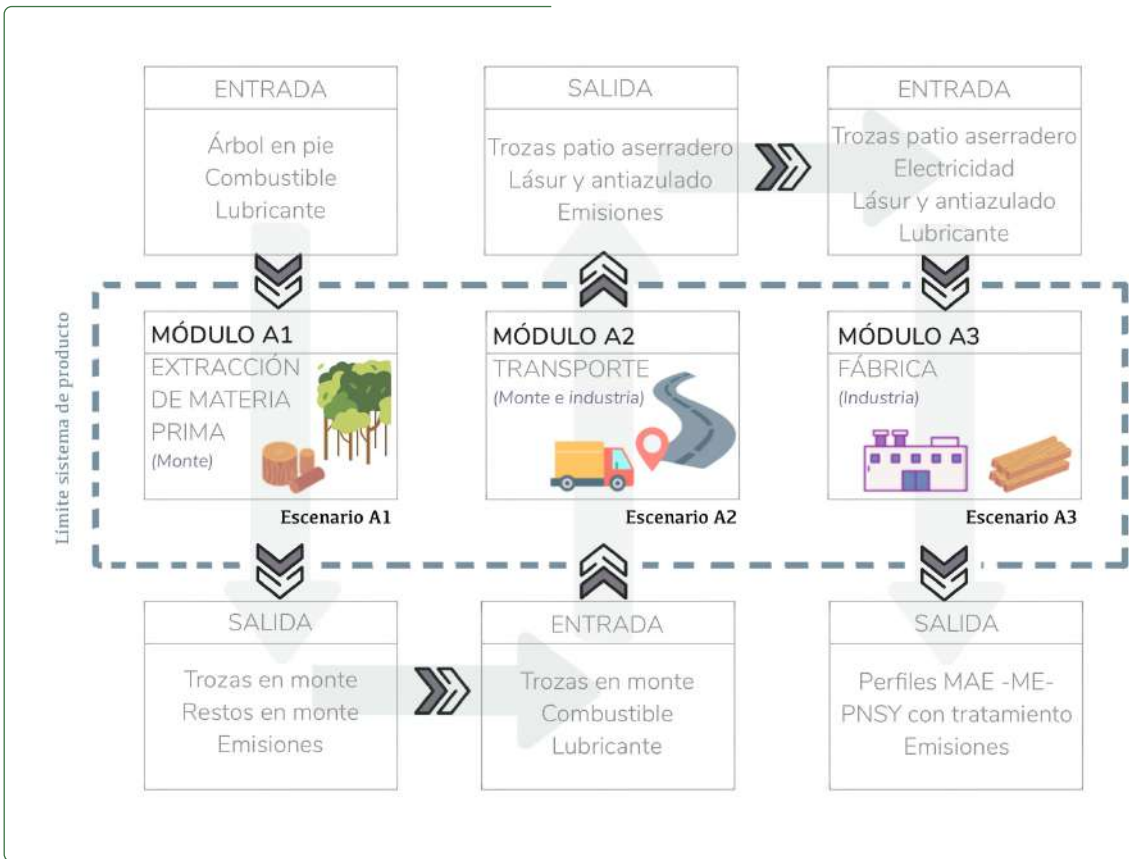
DEFINICIÓN DE PROCESOS

Cada uno de estos escenarios está formado por un conjunto de hipótesis e información relativa a la secuencia esperada de eventos posibles en cada uno de los módulos del ACV para lo que es necesario conocer cada tarea o actividad llevada a cabo y la herramienta, vehículo o maquinaria empleada para ello.

MÓDULOS	OPERACIONES	HERRAMIENTAS, VEHÍCULOS Y MAQUINARIA
A1: Extracción de materia prima en monte	Apeo, desramado y despunte	Motosierra
A2: Transporte	Transporte interno en monte	Skidder, Autocargador
	Transporte de monte al patio de fábrica	Camión grúa
	Transporte interno en fábrica	Carretillas elevadoras, cargadoras, etc
	Transporte de lásur del almacén de suministro a fábrica	Furgoneta
	Transporte del anti azulado del almacén de suministro a fábrica	Furgoneta
A3: Fabricación	Tronzado	Tronzadora
	Descortezado	Descortezadora
	Aserrado	Sierra de cinta bicorte con carro
	Desdoblado	Desdobladora
	Canteado	Canteadora
	Secado	Secadero
	Dimensionado	Cuatro caras

SISTEMA DE PRODUCTO

El sistema de producto está definido por el conjunto de procesos unitarios con sus correspondientes flujos elementales y flujos de producto, que desempeña una o más funciones definidas, y que sirve de **modelo para el ciclo de vida de un producto**. Se denomina flujo elemental tanto a la materia o energía que entra en el sistema de producto bajo estudio y que ha sido extraído del medio ambiente sin una transformación previa por parte del ser humano, como a la liberada al medio ambiente sin una transformación posterior. Por su parte, el flujo de producto está compuesto por los productos que entran o salen de un sistema de producto a otro.



UNIDAD FUNCIONAL

Para poder asignar un peso relativo de los valores de los indicadores de impacto y de uso de recursos a los productos de madera analizados es necesario definir la unidad funcional (cantidad de producto empleada como unidad de referencia para el ACV de un sistema de producto) o la **unidad declarada** (cantidad de producto empleada para el ACV de uno o más módulos del sistema de producto). Con toda esta información, se realiza el **inventario de ciclo de vida** en el que se cuantifican todos los flujos de entrada y salida del sistema y se calculan los indicadores de las categorías de impacto y de consumo de recursos.

Para el ejemplo que nos ocupa, se ha definido la siguiente unidad declarada: 1 m³ de madera aserrada estructural de pino silvestre (*Pinus sylvestris*, L) al 12% de humedad para uso como elemento estructural (viga, pilar). Clase resistente C22 (UNE-EN 1912), clase de uso 1 (UNE-EN 335) y clase de servicio 1 (UNE-EN 1995 1-1 o CTE DB-SEM). Estas propiedades deben mantenerse durante toda la vida útil de referencia del producto. La vida útil de referencia se establece en más de 100 años.

Flujos de un sistema de producto

La figura muestra un caso concreto a modo de ejemplo: los límites del sistema para un perfil de madera aserrada estructural de gruesa escuadría de pino silvestre al 12% de humedad en el momento de la entrega y con tratamiento superficial con antiazulado y lasur, considerando las etapas A1, A2 y A3 del ACV (de cuna a puerta).





CATEGORÍAS DE IMPACTO

Estas categorías de impacto se cuantifican a través de una serie de **indicadores** de tipo intermedio o **midpoint** que están relacionados con los efectos ambientales que tienen las emisiones producidas durante el ciclo de vida del producto analizado y que se centran en el problema ambiental causado (acidificación, destrucción de la capa de ozono, etc.). Estos indicadores requieren cierto conocimiento en la materia para su correcta interpretación, lo que hace que no siempre sean bien acogidos por actores del sector industrial o de la construcción. Por este motivo, resulta interesante traducirlos, al menos parcialmente, a otros ampliamente reconocidos y aceptados como son la energía y carbono embebidos y el carbono biogénico, y que pueden ser de gran utilidad en las primeras fases del proyecto constructivo para la comparación y selección de los productos empleados en el diseño y construcción del mismo.

Indicadores midpoint recogidos en la norma **UNE-EN 15804** “Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. . Reglas de Categoría de producto básicas para productos de construcción”

PARÁMETROS BÁSICOS DE IMPACTO AMBIENTAL

MÓDULOS	OPERACIONES	HERRAMIENTAS, VEHÍCULOS Y MAQUINARIA
Cambio climático total	Global Warming Potential (GWP – total) Potencial de calentamiento global total kg CO ₂ -eq	Indicador del potencial de calentamiento global total debido a las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera obtenido como resultado de la consideración conjunta de las tres subcategorías consideradas en función de la fuente de origen de las emisiones (recursos fósiles, biogénico y del uso y cambio de uso del suelo). (1)
Cambio climático – fósil	Global Warming Potential - fossil (GWP – fossil) Potencial de calentamiento global de los recursos fósiles kg CO ₂ -eq	Indicador del potencial de calentamiento global total debido a las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera con origen en los recursos fósiles. (1)
Cambio climático – biogénico	Global Warming Potential - biogenic (GWP – biogenic) Potencial de calentamiento global biogénico kg CO ₂ -eq	Indicador del potencial de calentamiento global total debido a carbono biogénico contenido en la biomasa. (1)
Cambio climático – uso del suelo y cambio de uso del suelo	Global Warming Potential - LULUC (GWP – LULUC) Potencial de calentamiento global del uso del suelo y cambio de uso del suelo kg CO ₂ -eq	Indicador del potencial de calentamiento global total debido a las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera con origen en el uso del suelo y en los cambios de uso del suelo. (1)
Agotamiento de la capa de ozono	Ozone Depletion Potential (ODP) Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico kg CFC-11-eq	Indicador de las emisiones a la atmósfera que causan la destrucción de la capa de ozono estratosférico.

Acidificación	Acidification Potential (AP) Potencial de acidificación, excedente acumulado mol H-eq	Indicador del potencial de acidificación del suelo y el agua debido a la liberación de gases tales como los óxidos de nitrógeno y los óxidos de azufre.
Eutrofización del agua dulce	Eutrophication Potential, fresh water (EP-freshwater) Potencial de eutrofización, fracción de nutrientes que alcanzan el compartimento final de agua dulce kg PO ₄ -eq	Indicador del potencial de enriquecimiento de los ecosistemas de agua dulce con elementos nutricionales debido a las emisiones de compuestos ricos en nitrógeno y fósforo.
Eutrofización del agua marina	Eutrophication Potential, marine (EP - marine) Potencial de eutrofización, fracción de nutrientes que alcanzan el compartimento final de agua marina kg N-eq	Indicador del potencial de enriquecimiento de los ecosistemas marinos con elementos nutricionales debido a las emisiones de compuestos ricos en nitrógeno y fósforo.
Eutrofización terrestre	Eutrophication Potential, terrestrial (EP-terrestrial) Potencial de eutrofización, excedente acumulado kg N-eq	Indicador del potencial de enriquecimiento de los ecosistemas terrestres con elementos nutricionales debido a las emisiones de compuestos ricos en nitrógeno y fósforo.
Formación de ozono fotoquímico	Photochemical ozone formation Potential (POCP) Potencial de formación de ozono troposférico kg NMVOC-eq	Indicador del potencial de emisiones de gases que afectan a la creación de ozono fotoquímico catalizado por la luz solar en la atmósfera inferior (smog).
Agotamiento de los recursos abióticos – minerales y metales	Depletion of abiotic resources Potential – minerals and metals (ADP - minerals&metals) Potencial de agotamiento de los recursos abióticos para los recursos no fósiles kg Sb-eq	Indicador del potencial de agotamiento de los recursos naturales no fósiles.
Agotamiento de los recursos abióticos – combustibles fósiles	Depletion of abiotic resources Potential – fossil fuels (ADP-fossil) Potencial de agotamiento de los recursos abióticos para los recursos fósiles MJ, valor calorífico neto	Indicador del potencial de agotamiento de los recursos combustibles fósiles naturales
Consumo de agua	Water Depletion Potential (WDP) Potencial de privación de agua (usuario), consumo de privación ponderada de agua m ³ mundial-eq privada	Indicador de la cantidad relativa de agua potencial usada en base a factores de escasez de agua regionalizados.

(1) desarrollados en capítulo 5

PARÁMETROS ADICIONALES DE IMPACTO AMBIENTAL

CATEGORÍA DE IMPACTO	INDICADOR	DESCRIPCIÓN
Emisiones de materia particulada	Particulate Matter emissions (PM) Potencial de incidencia de enfermedades debidas a las emisiones de materia particulada a la atmósfera Incidencia de enfermedades	Indicador de la incidencia potencial de enfermedad debida a las emisiones de materia particulada a la atmósfera.
Radiación ionizante, salud humana	Ionising Radiation Potential, human health (IRP) Eficiencia de exposición del potencial humano relativo al U-235 kBq U235-eq	Indicador del daño a la salud humana relacionado con las emisiones de radionúclidos.
Ecotoxicidad, agua dulce	Eco-toxicity Potential, fresh water (ETP-fw) Potencial comparativo de unidad tóxica para los ecosistemas CTUe	Impacto en los organismos de agua dulce de las sustancias tóxicas emitidas al medioambiente.
Toxicidad humana, efectos cancerígenos	Human Toxicity Potential, cancer (HTP-c) Potencial comparativo de unidad tóxica para los ecosistemas CTUh	Impacto en los humanos de las sustancias tóxicas emitidas al medioambiente que se consideran relacionadas con el cáncer.
Toxicidad humana, efectos no cancerígenos	Human Toxicity Potential, non cáncer (HTP-nc) Potencial comparativo de unidad tóxica para los ecosistemas CTUh	Impacto en los humanos de las sustancias tóxicas emitidas al medioambiente que no se consideran relacionadas con el cáncer.
Impactos relacionados con el uso y la calidad del suelo	Soil Quality Potential (SQP) Índice de potencial de calidad del suelo adimensional	Medida de los cambios de Calidad del suelo (producción biótica, resistencia a la erosión, filtración mecánica).

INDICADORES DE USO DE RECURSOS

INDICADOR	UNIDAD
Uso de energía primaria renovable excluyendo los recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima	MJ, valor calorífico neto
Uso de energía primaria renovable utilizada como materia prima	MJ, valor calorífico neto
Uso total de energía primaria renovable	MJ, valor calorífico neto
Uso de energía primaria no renovable excluyendo los recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima	MJ, valor calorífico neto
Uso de energía primaria no renovable utilizada como materia prima	MJ, valor calorífico neto
Uso total de energía primaria no renovable	MJ, valor calorífico neto
Uso de materiales secundarios	kg
Uso de combustibles secundarios renovables	MJ, valor calorífico neto
Uso de combustibles secundarios no renovables	MJ, valor calorífico neto
Uso de recursos de agua dulce	m ³

"UNA DE LAS CONDICIONES
DE LA FELICIDAD ES QUE
LA RELACIÓN ENTRE EL SER
HUMANO Y LA NATURALEZA
NO SE ROMPA"

León Tolstoi



Sierra de Cazorla, Marta Conde García, UCO



ENERGÍA OPERACIONAL Y EMBEBIDA

Existen distintos aspectos a tener en cuenta a la hora de definir los conceptos de energía operacional y embebida, así como de sus correspondientes carbono operacional y embebido. Los conceptos definidos con mayor claridad son los de la energía y el carbono operacionales, entendiéndolos como la energía consumida (y el correspondiente carbono emitido a la atmósfera, respectivamente) por los sistemas de iluminación, climatización, ventilación y por el resto de los aparatos electrónicos empleados por los usuarios que los habitan (electrodomésticos, accesorios electrónicos y equipos TIC) durante la etapa de uso del edificio. De manera general, se define la energía y carbono embebidos como la energía y carbono del ciclo de vida completo del edificio menos la energía operacional. Sin embargo, en función de qué etapas de ACV se consideren en su cuantificación, la energía y carbono embebidos pueden corresponderse con las etapas de cuna a puerta, de cuna a tumba, de cuna a cuna, etc.

SE DEFINE LA ENERGÍA Y CARBONO EMBEBIDOS
COMO LA ENERGÍA Y CARBONO DEL CICLO DE
VIDA COMPLETO DEL EDIFICIO MENOS LA ENERGÍA
OPERACIONAL

La suma del carbono embebido y operacional supone el carbono del ciclo de vida completo del edificio en términos de emisiones de GEI a la atmósfera. Cuando se analiza el ciclo de carbono de **productos de madera** para construcción, existe otro factor que forma parte de su balance final denominado **carbono biogénico** y que se corresponde con el carbono contenido en la biomasa como consecuencia del intercambio gaseoso que se produce durante la fotosíntesis y que fija el carbono atmosférico en los nuevos tejidos que se crean durante el crecimiento del árbol. Las bases matemáticas para su cuantificación en los **productos de madera** de madera para construcción se recogen en UNE-EN 16449 “Madera y productos derivados de la madera. Cálculo del contenido en **carbono biogénico** de la madera y conversión en dióxido de carbono”.

El valor del contenido en carbono de la biomasa depende de la humedad de esta, estableciéndose un valor medio para cualquier especie vegetal del 50% del peso de la materia seca. Como los **productos de madera** para construcción se fabrican a una determinada humedad de entrega, según la **clase de uso y servicio** seleccionada en base a su aplicación en obra, no es posible emplear este valor genérico del 50% y se tiene que incorporar el contenido en humedad de la pieza en la ecuación de cálculo del carbono incorporado.

$$P_{CO_2-eq} = \frac{44}{12} \cdot fc \cdot \frac{dw \cdot Vw}{1 + \frac{w}{100}}$$

P_{CO_2eq} = contenido en carbono (kg CO_{2-eq})

fc = tanto por uno de carbono en biomasa (0.5)

dw = densidad de la madera a la humedad w (kg/m³)

Vw = volumen de la madera a la humedad w (m³)

w = contenido en la humedad de la madera (%)

Ecuación de cálculo del carbono biogénico

La energía y carbono embebidos se obtienen a partir de los valores de determinados indicadores de las categorías de impacto y uso de recursos recogidas en las tablas anteriores.

- Concretamente, la energía embebida se obtiene a partir del indicador “uso de energía primaria renovable excluyendo los recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima”, “uso de energía primaria no renovable excluyendo los recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima” y “uso de combustibles secundarios no renovables” para los módulos considerados en los límites del sistema de producto bajo estudio.
- Por su parte, el carbono embebido se corresponde con las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera como consecuencia del consumo de la energía embebida, que se cuantifica a través del indicador del “potencial de calentamiento global”. En el caso de los productos de madera hay que tener también en cuenta su capacidad de almacenamiento de carbono cuantificada a partir de la ecuación para el cálculo del carbono biogénico.

En cualquier caso, al cuantificar la **huella de carbono de un edificio** no basta con evaluar su valor de **GWP y carbono biogénico**, ya que de este modo bastaría con incorporar madera en la estructura del edificio independientemente de su necesidad para mejorar su comportamiento en términos de carbono embebido. Es necesario, además, realizar un diseño que optimice el **consumo de recursos** y evalúe, además, la **sostenibilidad económica** del proyecto a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio. Por lo tanto, junto con el valor del carbono embebido, deben evaluarse las emisiones de GEI a la atmósfera y el carbono biogénico de los productos de madera estudiados.

Cubierta en madera laminada, <https://www.onesta.es/>



Especies maderables de interés en la Península Ibérica





En esta Guía de productos de madera para una construcción sostenible, se hace imprescindible contextualizar algunos aspectos esenciales sobre el recurso forestal en el que se centra, la madera. Esta labor puede enfocarse desde el punto de vista de su procedencia y disponibilidad en España o, cuando proviene de otras localizaciones geográficas, de su presencia en los mercados como material de partida para la elaboración de productos destinados a construcción.

Por lo tanto, a continuación, se describen las principales especies forestales de las que proceden las maderas más comúnmente utilizadas en los productos de madera para construcción en este país, mediante unas fichas descriptivas que pretenden resumir sus principales características, con una breve descripción de su morfología, ecología y distribución geográfica a nivel peninsular. Se proporcionan, además, datos ambientales de algunos servicios ecosistémicos suministrados por estas masas forestales y que son de gran relevancia para la reducción de los impactos asociados a la fabricación y uso de productos de madera para construcción, contribuyendo así al proceso de descarbonización de la economía y de adaptación y mitigación del cambio climático.

El criterio para la selección de estas especies productoras de madera ha sido su uso tradicional en edificación y su accesibilidad, bien por proximidad del recurso (origen o procedencia geográfica) bien por su disponibilidad en los mercados nacionales por parte de la industria de la madera.

Servicios ecosistémicos de las masas de las principales especies forestales de España

Para las especies forestales seleccionadas en esta Guía, se ha cuantificado el servicio ecosistémico de eliminación de algunos contaminantes atmosféricos. En concreto, los contaminantes considerados son el monóxido de carbono (CO), el ozono (O₃), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el dióxido de azufre (SO₂) y el material particulado con tamaño inferior o igual a 10 micras (PM₁₀) e inferior a 2.5 micras (PM_{2.5}).

Servicios ecosistémicos reguladores

FIJACIÓN DE CARBONO

El dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera es necesario para que crezcan las plantas y los árboles. Los árboles absorben dióxido de carbono durante la fotosíntesis, almacenan carbono y producen oxígeno como subproducto de la fotosíntesis. La fijación de carbono es el proceso de capturar carbono atmosférico y fijarlo en los tejidos vegetales. Este proceso fisiológico tiene actualmente el beneficio de mitigar y reducir el calentamiento global, siendo un punto fundamental de las actuales políticas de adaptación y mitigación del cambio climático.

ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Los contaminantes atmosféricos pueden ocasionar problemas medioambientales tanto para la vegetación como para la salud del ser humano. Cuantificar la cantidad de contaminantes atmosféricos eliminados por el arbolado es un aspecto fundamental para la salud de las personas y para crear ambientes urbanos más sanos.

En las siguientes fichas se muestran los valores acumulados de fijación de carbono (conocido como almacenamiento de carbono) y de la eliminación de los seis contaminantes mencionados. Para poder cuantificar un valor acumulado es necesario fijar un intervalo de tiempo para su cálculo, por lo que se presentan los valores para las clases diamétricas más habituales en cada especie. La clase diamétrica representan el valor central del intervalo de diámetro normal del tronco del árbol a 1.3 m de altura desde el suelo. De esta manera, la clase diamétrica 10 muestra los valores de los servicios ecosistémicos para aquellos individuos cuyo diámetro normal se encuentre entre los 7.5 y los 12.5 cm. De esta manera, se pueden agregar los valores de los servicios ecosistémicos de individuos de distinta edad.



Pino silvestre

El pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.), también denominado pino albar, pino de Valsaín, pino real, pino royo, pino royano, pino serrano, pino blancal o pino común, es un pino que se extiende a nivel mundial por el continente asiático, el norte y centro de Europa: desde los 8° de longitud oeste (Portugal), hasta los 140° de longitud Este (Siberia) y desde los 70° de latitud N (Noruega) a los 37° de longitud N (Sierra Nevada, España). Es la especie arbórea de mayor área natural conocida, y la de mayor extensión en Europa. En la península ibérica está presente en el norte, centro y este de España y en el noroeste de Portugal. En su distribución peninsular se asocia a los distintos sistemas montañosos: Pirineos, Sistema Ibérico, Maestrazgo, Sistema Central y Cordillera Cantábrica. En el sur ocupa el límite altitudinal del bosque (Sierra de Baza y Sierra Nevada). Las masas naturales de pino albar se distribuyen en las montañas del ámbito mediterráneo, siendo de origen artificial la mayor parte de los pinares situados en la Cordillera Cantábrica.

Morfología

Acorde con la amplitud del área natural de distribución del pino albar y a la diversidad de hábitats que ocupa en toda Europa y Asia, esta especie presenta también una elevada diversidad en cuanto a su morfología.

El pino silvestre de los sistemas montañosos peninsulares crece hasta alcanzar un porte elevado y tallas de 30- 40 metros. Su tronco generalmente cilíndrico, recto y grueso, soporta una copa con forma piramidal en las etapas juveniles y más asimétrica, redondeada o aovada en la edad adulta. Un carácter distintivo es el color naranja asalmonado de la corteza, que aparece, junto con una profusa descamación de ésta, en la parte superior del tronco y las ramas. La ramificación es habitualmente escasa y se dispone en ángulo recto. Como consecuencia de la poda natural, las ramas bajas van desapareciendo, por lo que, con la edad, las ramas limitan su presencia al tercio superior del árbol.



Ecología y distribución

Acorde con la amplitud del área natural de distribución del pino albar y a la diversidad de hábitats que ocupa en toda Europa y Asia, esta especie presenta también una elevada diversidad en cuanto a su morfología.

El pino silvestre de los sistemas montañosos peninsulares crece hasta alcanzar un porte elevado y tallas de 30- 40 metros. Su tronco generalmente



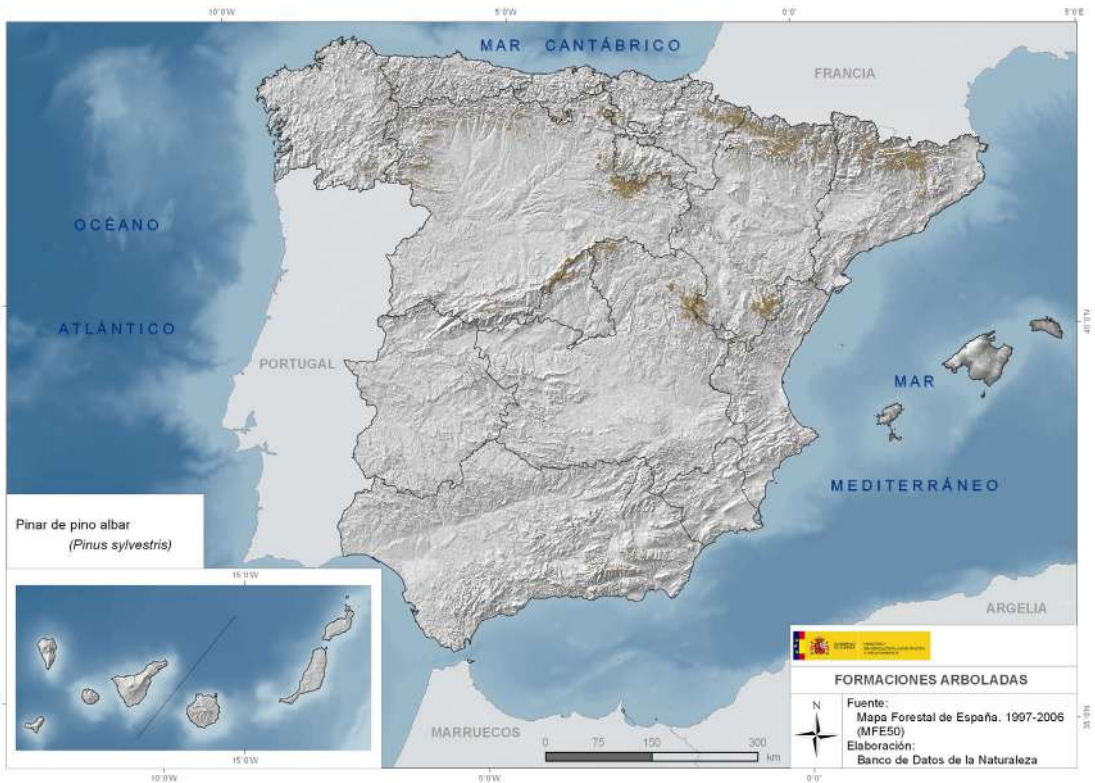
Cristina Rodríguez Pajares

cilíndrico, recto y grueso, soporta una copa con forma piramidal en las etapas juveniles y más asimétrica, redondeada o aovada en la edad adulta. Un carácter distintivo es el color naranja asalmonado de la corteza, que aparece, junto con una profusa descamación de ésta, en la parte superior del tronco y las ramas. La ramificación es habitualmente

escasa y se dispone en ángulo recto. Como consecuencia de la poda natural, las ramas bajas van desapareciendo, por lo que, con la edad, las ramas limitan su presencia al tercio superior del árbol.

El pino silvestre se extiende mayoritariamente por los sistemas montañosos del cuadrante

nororiental peninsular y Sierra de Guadarrama. Su presencia en la Cordillera Penibética es muy puntual y se corresponde con poblaciones marginales. En conjunto, las masas de pino silvestre de la península ibérica constituyen el límite suroccidental de su área de distribución mundial, con núcleos de extensión limitada y gran valor biogeográfico. En la actualidad existen masas procedentes de repoblaciones en la mayor parte de los sistemas montañosos en zonas de media montaña. Las masas de pino albar se distribuyen en laderas de montaña, sobre suelos de escaso desarrollo, tanto de naturaleza básica como silíceo, desde los 500 a 2000 metros. Excepcionalmente pueden aparecer desde los 200 metros y ascender hasta cotas de 2100 m.




Distribución de las masas de pino silvestre. Fuente: MITECO, 2023

El pino albar tiene carácter de especie pionera, pues se regenera rápidamente después de perturbaciones de origen natural o antrópico, siempre y cuando las condiciones de competencia y presión de pastoreo sean bajas. Las poblaciones naturales suelen ser mayoritariamente monoespecíficas y relativamente coetáneas, formando parte de los bosques de montaña típicos de la mitad septentrional, a excepción de la cordillera Cantábrica. No obstante, frecuentemente forma masas mezcladas: con pino negro (*Pinus uncinata*) en el Pirineo y el sistema Ibérico septentrional; con pino laricio (*Pinus nigra*), robles marcescentes (*Quercus pyrenaica*, *Quercus faginea* y *Quercus humilis*), haya (*Fagus sylvatica*) y encina (*Quercus ilex*) en el prepirineo, Pirineo y sistema Ibérico meridional. En el sistema Central es frecuente la mezcla con rebollo (*Quercus pyrenaica*), enebro común (*Juniperus communis*) y otras especies arbóreas con similares requerimientos ecológicos.

CD	Almacenamiento	Eliminación					
	C (kg)	CO (g/año)	O ₃ (g/año)	NO ₂ (g/año)	SO ₂ (g/año)	PM ₁₀ (g/año)	PM _{2,5} (g/año)
10	14,50	0,30	31,20	4,50	143	977	0,63
15	36,60	070	78,53	11,33	3,53	24,60	1,60
20	70,10	1,37	156,60	22,60	7,10	49,03	3,20
25	115,20	2,33	259,37	37,47	11,70	81,23	5,30
30	238,10	4,10	464,23	67,03	20,97	145,37	9,53
35	314,70	4,70	529,07	76,40	23,87	165,67	10,83
40	400,80	4,97	558,37	80,60	25,20	174,83	11,47
45	496,50	4,97	556,40	80,33	25,10	174,20	11,40
50	602,20	4,77	532,77	76,93	24,07	166,77	10,93
55	717,90	4,40	497,63	71,83	22,47	155,80	10,20

Servicios ecosistémicos de almacenamiento y eliminación de contaminantes del pino silvestre



Pino Laricio, Sierra de Cazorla, España, Marta Conde García (UCO)

Bosque de pino laricio, Sierra de Cazorla, España, Marta Conde García (UCO)

PAG

132

Pino laricio

También denominado pino salgareño, pino negral, pino cascalbo o pino gargallo, el pino laricio (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco), se extiende en el contorno de la región mediterránea, desde el Cáucaso hasta España y desde Chipre y el norte de África hasta Austria y Bulgaria. En la península ibérica se distinguen la *forma hispánica*, con masas en la serranía de Cuenca, Sistema Central y cordilleras béticas, y la *forma pirenaica*, con presencia en Cataluña, Aragón, Castellón y el norte del Sistema Ibérico.



Morfología

El pino laricio es un árbol perennifolio de gran porte, con alturas comprendidas entre los 30 y 40 metros y que, excepcionalmente puede alcanzar tallas de hasta 50 m. Se caracteriza por un tronco recto y corteza teselada, debido a su agrietamiento, tanto longitudinal como transversal. Los colores del tronco van del gris oscuro presente en las grietas al gris plateado de los espejuelos de sus teselas.

Ecología y distribución

En la península, los territorios donde se asienta el pino laricio se corresponden con espacios montañosos, en cotas que van desde los 800 a 1500 metros y, en los macizos más meridionales, se ubican desde los 900 hasta los 2000 m de altitud. El pino laricio prefiere los sustratos calizos, aunque se da en todo tipo de



Distribución de las masas de pino laricio. Fuente: MITECO, 2023

suelos, desde los pedregosos o margoso-calizos hasta los silíceos. Por su disposición de especie de media montaña, habita también suelos con un buen grado de desarrollo e incluso sobre suelos arcillosos.

Puede formar parte de masas de pinares, aparecer mezclado con otras especies de pino, junto a quejigares y sabinares, o de forma dispersa colonizando roquedos junto con formaciones de matorral.

CD	Almacenamiento	Eliminación					
	C (kg)	CO (g/año)	O ₃ (g/año)	NO ₂ (g/año)	SO ₂ (g/año)	PM ₁₀ (g/año)	PM _{2.5} (g/año)
10	10,50	0,53	17,27	3,23	2,57	4,13	0,00
15	26,60	1,03	34,00	6,33	5,03	8,13	0,03
20	52,00	1,80	58,93	11,07	8,80	14,10	0,13
25	87,60	2,83	92,53	17,33	13,80	22,17	0,17
30	192,10	5,57	180,40	33,80	26,93	43,23	0,30
35	261,60	7,07	229,43	42,97	34,27	54,93	0,33
40	342,80	8,57	277,67	52,03	41,43	66,53	0,47
45	435,50	9,93	322,37	60,40	48,10	77,23	0,50
50	539,80	11,13	361,47	67,77	53,93	86,57	0,60
55	655,60	12,17	393,87	73,80	58,77	94,37	0,63

Servicios ecosistémicos de almacenamiento y eliminación de contaminantes del pino laricio



Pino pinaster

El pino pinaster (*Pinus pinaster* Aiton) es también conocido como pino resinero, pino negral, pino rodeno, pino gallego, pino rodezno, pino bravo, pino rubial y pino marítimo. Otras denominaciones vulgares son: pinastre en catalán, itsas pinua en euskera y piñeiro en gallego.

Es una pinácea de tamaño medio, nativa de la cuenca mediterránea occidental que se extiende desde los 31° a los 46° de latitud norte y de los 9° longitud O a los 25° de longitud E. Sus variaciones genéticas, asociadas a una amplia gama de localizaciones geográficas naturales y artificiales, dan lugar a varias subespecies que muestran una adaptación versátil a los factores ecológicos.

A nivel europeo, la subespecie *atlantica* se distribuye por la costa atlántica de Francia, Portugal y en España, en el noroeste, en la región cantábrica.



Morfología

Árbol de talla media, que no suele superar los 20 m y excepcionalmente puede alcanzar los 40 m de altura. En la juventud tiene porte regular, siendo variable en la edad adulta, sobre todo si ha sido sometido a resinación. La poda natural es tardía. El tronco es derecho o flexuoso. La corteza es delgada, pardo-grisácea o gris-blanquecina, lisa en los ejemplares jóvenes y maduros; en la etapa senil se agrieta longitudinalmente y forma teselas alargadas. La copa es bastante clara, piramidal en los pies jóvenes y redondeada o lobulada en los adultos.





Pinos pinaster, Embalse de los Bermejales, España, Jebulon, CC BY-SA 4.0

Ecología y distribución

El pino pinaster es una especie eminentemente silicícola, presentándose a veces sobre dolomías cristalinas o suelos descalcificados. Soporta mal una sequía estival muy prolongada. En cuanto a las cotas, puede vivir desde el nivel del mar hasta 1500 m y excepcionalmente hasta 1700 m de altitud.



Distribución de las masas de pino pinaster región mediterránea. Fuente: MITECO, 2023




Distribución de las masas de pino pinaster región atlántica. Fuente: MITECO, 2023

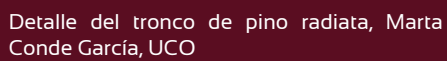
Esta pinácea se extiende por la región mediterránea occidental y zonas atlánticas del sur de Francia, España y Portugal. Habita en casi toda la península ibérica, aunque resulta difícil asegurar cuáles son sus poblaciones naturales. Ocupa grandes extensiones en Galicia y en los sistemas montañosos Central, Ibérico y Bético y en la submeseta norte. En general, está presente en todas las provincias españolas, a excepción de Huesca, La Rioja y Baleares. Por repoblación ha sido extendido en Galicia, Cataluña, País Vasco, Extremadura, Montes de Toledo y Sierra Morena.

CD	Almacenamiento	Eliminación					
	C (kg)	CO (g/año)	O ₃ (g/año)	NO ₂ (g/año)	SO ₂ (g/año)	PM ₁₀ (g/año)	PM _{2.5} (g/año)
10	11,10	0,83	35,93	6,53	2,13	6,30	0,00
15	29,30	2,07	91,60	16,63	5,43	16,03	0,10
20	58,30	3,97	175,60	31,90	10,40	30,73	0,17
25	98,70	6,17	272,53	49,50	16,17	47,73	0,23
30	214,00	9,70	429,97	78,10	25,50	75,33	0,37
35	289,10	10,67	472,00	85,73	27,97	82,67	0,43
40	376,50	11,13	491,87	89,33	29,20	86,17	0,43
45	476,60	11,23	496,77	90,20	29,47	87,00	0,43
50	589,60	11,17	493,77	89,67	29,30	86,50	0,43
55	715,60	11,03	488,33	88,70	28,93	85,53	0,43

Servicios ecosistémicos de almacenamiento y eliminación de contaminantes del pino pinaster



Pies jóvenes de pino radiata, Juan Ignacio Fernández-Golfín Seco (ICIFOR-INIA-CSIC)



Detalle del tronco de pino radiata, Marta Conde García, UCO

Pino radiata

El pino radiata (*Pinus radiata* D. Don), pino insignis o pino de Monterrey es un pino serótino originario de la costa sur pacífica de California.

Morfología

Es una conífera que alcanza los 30 - 50 m de altura, con porte regular, de forma piramidal cuando joven y ensanchado, globoso o truncado en su madurez, Sus raíces son someras y tienen poco desarrollo en comparación a la parte aérea. El tronco es recto, con corteza pardo-rojiza gruesa, que se agrieta y arruga prontamente. La copa es densa, y las ramas verticiladas, en forma de brazos de candelabro, horizontales o erecto patentes. Las acículas aparecen envainadas de tres en tres; son de color verde vivo y miden de 7 a 15 cm de longitud; duran hasta 3 o 4 años en la planta. Las piñas, de 7 - 14 x 5 - 8 cm, se presentan en verticilos de 3 - 5 o apareadas, son muy asimétricas y se disponen subsentadas; se caracterizan por las apófisis de las escamas externas muy prominentes. El piñón es negruzco, de 5 - 8 mm de longitud, con un ala estrecha, 3 - 4 veces más larga que la semilla.

Ecología y distribución

Es la conífera más cultivada a nivel mundial debido a su productividad. El espacio donde se asienta el pino radiata en España es un territorio de cota baja (hasta 600 m.s.n.m.) sometido a un clima templado-húmedo de influencia oceánica. Las plantaciones de este pino en España se localizan principalmente en la región atlántica. Galicia y País Vasco son las comunidades con una mayor extensión y aprovechamiento de este pino a nivel nacional.

Según datos del último Anuario de Estadística Forestal, el pino radiata ocupa aproximadamente cerca de 263.271 ha,



Distribución de las masas de pino radiata. Fuente: MITECO, 2023

de las que un 90% se encuentran en la vertiente cantábrica y casi el 58% en Euskadi. En conjunto, las masas de pino insignis suponen el 5% de las existencias, el 13% de las repoblaciones reproductoras y el 2,85% de la superficie de bosque nacional. Junto con el eucalipto, el pino radiata es la especie que más se cortan según las cifras recogidas a través de las estadísticas forestales.

En 2020 se cortaron algo más de 4,6 millones de m³ cc de pino radiata, lo que supone un incremento de más de un millón de metros cúbicos respecto al año anterior, recuperando las cifras de 2019. (Datos del Anuario de Estadística Forestal 2021, MITECO).

CD	Almacenamiento	Eliminación					
	C (kg)	CO (g/año)	O ₃ (g/año)	NO ₂ (g/año)	SO ₂ (g/año)	PM ₁₀ (g/año)	PM _{2.5} (g/año)
10	9,80	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
15	24,95	0,00	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00
20	48,81	0,00	0,06	0,02	0,00	0,02	0,00
25	82,33	0,00	0,10	0,03	0,01	0,02	0,00
30	126,37	0,00	0,15	0,05	0,01	0,03	0,01
35	181,48	0,00	0,20	0,06	0,01	0,05	0,01
40	248,21	0,01	0,25	0,08	0,02	0,06	0,01
45	326,86	0,01	0,31	0,10	0,02	0,07	0,01
50	417,76	0,01	0,36	0,11	0,03	0,09	0,02
55	521,18	0,01	0,40	0,13	0,03	0,10	0,02

Servicios ecosistémicos de almacenamiento y eliminación de contaminantes del pino radiata



Castaño

El castaño (*Castanea sativa* Mill.), también denominado castanyer en catalán, gaztainondo o arrunta en euskera y castiñeiro en gallego es un árbol caducifolio de la familia de las fagáceas.

Al parecer, la especie es originaria de los Balcanes, Asia Menor y el Cáucaso y ha sido cultivada desde la antigüedad por su fruto y su madera. Hoy en día se extiende por la región mediterránea, el centro y oeste de Europa y en territorios insulares (Canarias, Madeira y Azores). Muchas plantaciones se han asilvestrado o naturalizado con el paso del tiempo (Montero, 2018).

En la península se extiende por el norte, aunque es rara en los Pirineos. Presente en zonas litorales y sublitorales, también habita en montañas del centro y sur.

Morfología

El castaño es un árbol esbelto, de porte regular, tronco recto y muy grueso, que puede alcanzar hasta 35 m de altura. Se caracteriza por su corteza lisa y delgada, de colores verde pardo a gris. Sus raíces son robustas y extensas, aunque no profundizan excesivamente.

La copa, amplia, ramosa y densa, adopta formas elipsoidales, con ramas rectas y gruesas que aparecen desde baja altura.



Ecología y distribución

El castaño forma bosquetes o árboles aislados en regiones montañosas o lugares frescos. Vive sobre sustratos silíceos, moderadamente ácidos o calizos descalcificados; prefiere los suelos sueltos, profundos y ricos en materia orgánica, permeables, con poca pedregosidad y bajo contenido en arcilla. No tolera sustratos compactos. Suele formar parte de masas mixtas de frondosas autóctonas en la región



Fruto del castaño y hojas, Parque Botánico de Creta, Grecia, Kenraiz Krzysztof Ziarek, CC BY-SA 4.0

biogeográfica atlántica, que se caracteriza por la ausencia de sequía estival. Estas formaciones arboladas suelen ser mezclas de frondosas planocaducifolias: quercíneas, hayas, fresnos, chopos, alisos, avellanos, etc.

Actualmente la especie se encuentra en regresión a causa de la

enfermedad de la tinta (ocasionada por el patógeno *Phytophthora cinnamomi*).

En la península los castaños se extienden en las regiones occidentales y atlánticas, en algunos enclaves de Cataluña y Andalucía. Prefieren las situaciones abrigadas y frescas de ladera, ocupando

territorios con gran variabilidad altitudinal, pudiendo vivir desde el nivel del mar hasta 1500 m en Sierra Nevada. Las masas típicamente forestales son aprovechadas como monte alto, distinguiéndose de las de uso frutero, aprovechadas a monte bajo.



Distribución de las masas de castaño. Fuente: MITECO, 2023



Troncos aserrados de castaño, Asturias, <https://www.sierolam.com>

CD	Almacenamiento	Eliminación					
	C (kg)	CO (g/año)	O ₃ (g/año)	NO ₂ (g/año)	SO ₂ (g/año)	PM ₁₀ (g/año)	PM _{2,5} (g/año)
10	14,80	1,70	31,43	11,33	6,87	15,13	2,47
15	38,80	3,70	69,30	25,00	15,17	33,40	5,43
20	77,20	6,50	121,83	43,93	26,70	58,77	9,53
25	132,00	9,60	180,13	65,00	39,47	86,83	14,07
30	204,80	12,40	232,47	83,83	50,90	112,10	18,17
35	297,00	14,40	269,73	97,27	59,10	130,07	21,07
40	410,00	17,30	323,47	116,63	70,87	155,97	25,30
45	544,70	20,53	384,90	138,80	84,30	185,60	30,10
50	702,20	23,77	445,27	160,60	97,53	214,70	34,80

Servicios ecosistémicos de almacenamiento y eliminación de contaminantes del castaño

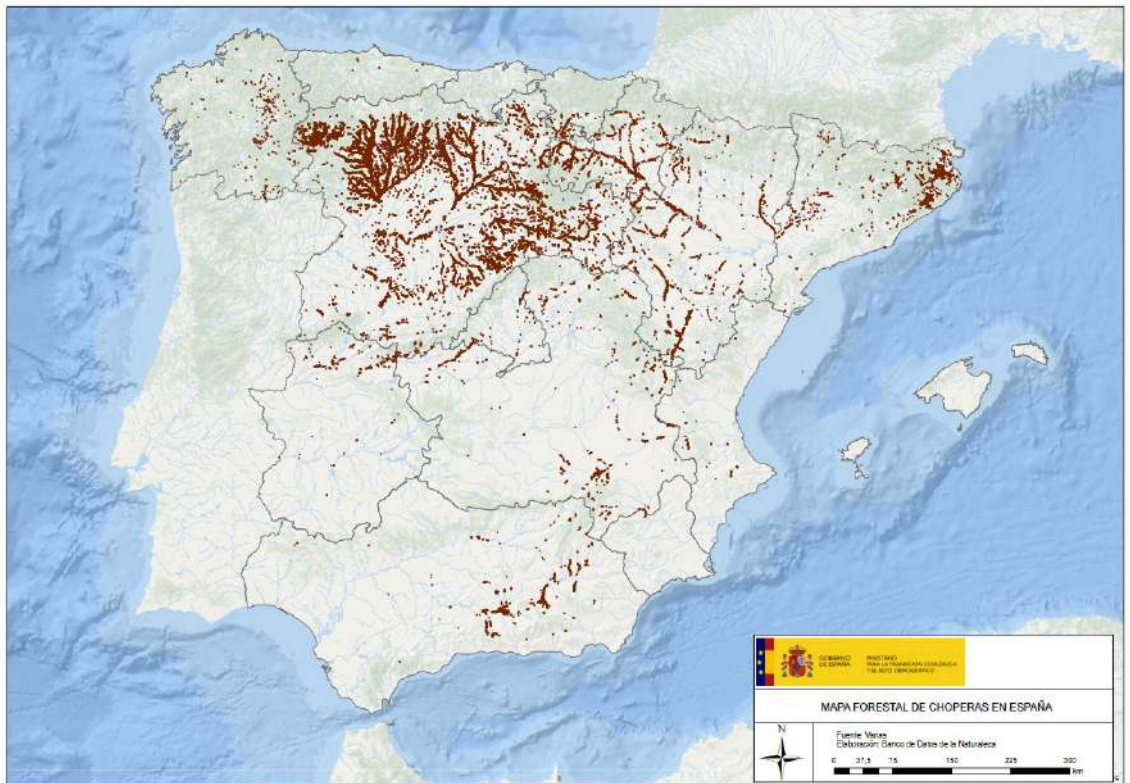




Chopo

Los árboles del género *Populus* sp. son caducifolios de la familia de las Salicáceas ampliamente distribuidos por las regiones templadas y frías del hemisferio boreal. Algunas especies de este género se caracterizan por su rápido crecimiento, por lo que se han cultivado desde la antigüedad. En la península ibérica habitan el chopo (*Populus nigra* L.), el álamo blanco (*Populus alba* L.) y el álamo temblón (*Populus tremula* L.), sin embargo el cultivo de estos árboles se ha extendido tanto con fines ornamentales y de sombra como para la protección de riberas fluviales y la obtención de madera, por lo que es habitual el cultivo de híbridos artificiales, variedades seleccionadas por cultivo y clones procedentes de cultivares.

Los terrenos preferidos por estas especies son los de suelo profundo y fresco y capa freática accesible, por lo que se crían junto a los sotos y riberas de los ríos. Prefieren suelos sueltos y ligeros. Por haberse cultivado desde antiguo es difícil establecer de forma precisa el área original de este conjunto de especies.



Distribución de las masas de castaño. Fuente: MITECO, 2023



Plantación de chopos, Marta Conde García (UCO)

CD	Almacenamiento	Eliminación					
	C (kg)	CO (g/año)	O ₃ (g/año)	NO ₂ (g/año)	SO ₂ (g/año)	PM ₁₀ (g/año)	PM _{2.5} (g/año)
10	12,50	0,23	1140	1,33	0,27	4,23	0,10
15	34,20	0,60	30,23	3,57	0,63	11,23	0,23
20	69,70	1,27	63,73	7,53	1,33	23,73	0,50
25	121,20	2,20	112,57	13,30	2,33	41,90	0,90
30	190,60	3,37	172,60	20,40	3,53	64,23	1,37
35	279,40	4,60	235,80	27,87	4,87	87,77	1,87
40	389,30	5,77	296,20	35,00	6,10	110,23	2,30
45	521,50	7,03	360,83	42,63	7,43	134,27	2,87
50	677,40	8,33	427,73	50,57	8,83	159,17	3,33
55	858,20	9,67	495,63	58,57	10,20	184,43	3,90

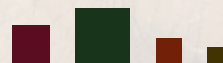
Servicios ecosistémicos de almacenamiento y eliminación de contaminantes del castaño



1489
HFG



Fichas de productos de madera



Madera aserrada estructural de pino silvestre

Unidad declarada

La unidad declarada se define como 1 m³ de madera aserrada de pino silvestre (*Pinus sylvestris*, L.) para uso como elemento estructural (viga o pilar), en ambiente seco y uso interior.

Producto tipo

Perfil de madera aserrada estructural (gran escuadría) de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) para uso como elemento estructural (viga o pilar) seca al 12% de humedad con tratamiento superficial (lasur).

- Perfil de madera aserrada estructural de pino silvestre de dimensiones 150 x 200 x 4000 mm.
- El producto tipo se obtiene a partir de madera en rollo con corteza de pino silvestre que se descorteza, despieza, seca y trata con antiazulado y lasur.

Usos principales

1. Elementos estructurales (vigas, pilares, etc.)
2. Fachadas y cubiertas
3. Elementos auxiliares de construcción (encofrados, entablados, etc.)
4. Carpinterías
5. Revestimientos interiores y acabados
6. Suelos
7. Ebanistería y mobiliario
8. Pérgolas y estructuras de jardín
9. Infraestructuras rurales
10. Mobiliario urbano
11. Paletas y embalajes industriales
12. Construcción naval



Escuadrías de madera aserrada estructural de pino silvestre, <https://eiforsa.es>

Construcción en madera aserrada estructural de pino silvestre, <https://www.maderea.es>

Propiedades geométricas

		MEG	ME1	ME2
Dimensiones	Espesor	> 70 mm	≤ 70 mm	≤ 70 mm
Tolerancias	Tolerancias dimensionales según norma UNE-EN 336			

*MEG, ME1 y ME2, hacen referencia a las clases de calidad de las piezas de madera aserrada.

Propiedades físico-mecánicas

Según la norma UNE-EN 1912

	MEG	ME1	ME2
Clase resistente	C22	C27	C18

Según la norma UNE-EN 338

	MEG	ME1	ME2	
Flexión $f_{m,k}$	22	27	18	N/mm ²
Tracción paralela $f_{t,0,k}$	13	16,5	10	N/mm ²
Compresión paralela $f_{c,0,k}$	20	22	18	N/mm ²
Cortante $f_{v,k}$	3,8	4	3,4	N/mm ²
Tracción perpendicular $f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	N/mm ²
Compresión perpendicular $f_{c,90,k}$	2,4	2,5	2,2	N/mm ²
Módulo de elasticidad medio en flexión paralelo $E_{m,0,medio}$	10	11,5	9	kN/mm ²
Módulo de elasticidad transversal medio $E_{m,90,medio}$	0,33	0,38	0,30	kN/mm ²
Módulo de elasticidad característico en flexión paralelo	6,7	7,7	6,0	kN/mm ²
Módulo de cortante medio G_{medio}	0,63	0,72	0,56	kN/mm ²
Densidad media ρ_{medio}	410	430	380	kg/m ³
Densidad característica ρ_k	340	360	320	kg/m ³

Según la norma CEC- 2010

	MEG, ME1 y ME2	
Conductividad térmica λ	0,13	W/mK
Calor específico C_p	1600	J/kgK
Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua seco μ	20	

Propiedades de durabilidad y vida de servicio

Durabilidad natural - madera sin tratamiento

	Hongos xilófagos ²				
	CU1	CU2	CU3.1	CU3.2	CU4
Durabilidad duramen ¹	Muy durable	Muy durable	Moderadamente durable	Moderadamente durable	No durable
Longevidad duramen ³	L>100 años	L>100 años	10 <L<50 años	10 <L<50 años	L<10 años o incierta

	Insectos xilófagos ⁴	
	Larvarios	Termitas
Durabilidad duramen ¹	Durable	No durable

¹ Durabilidad natural del duramen según UNE-EN 350.

² Durabilidad natural del duramen frente a hongos xilófagos según clases de uso conforme a UNE-EN 335.

³ Vida de Servicio del duramen conforme a la norma francesa FD P20-651 (L inferior a 10 años o incierta: No se recomienda su empleo)

⁴ Los insectos xilófagos larvarios pueden actuar en cualquier clase de uso. Se recomienda tratamiento superficial en las clases de uso que no se contemple tratamiento en profundidad de la pieza.

Durabilidad artificial - madera tratada

		Hongos xilófagos ²				
		CU1	CU2	CU3.1	CU3.2	CU4
Durabilidad albura ¹		Durable sin tratamiento	Requiere tratamiento	Requiere tratamiento en profundidad		
Longevidad albura ³	Tratamiento: autoclave con sales hidrosolubles	L>100 años	L> 60 años	L> 30 años	L> 30 años	L> 15-25 años
	Tratamiento: autoclave con disolvente orgánico		L> 60 años	L> 15-30 años	L> 15-30 años	-

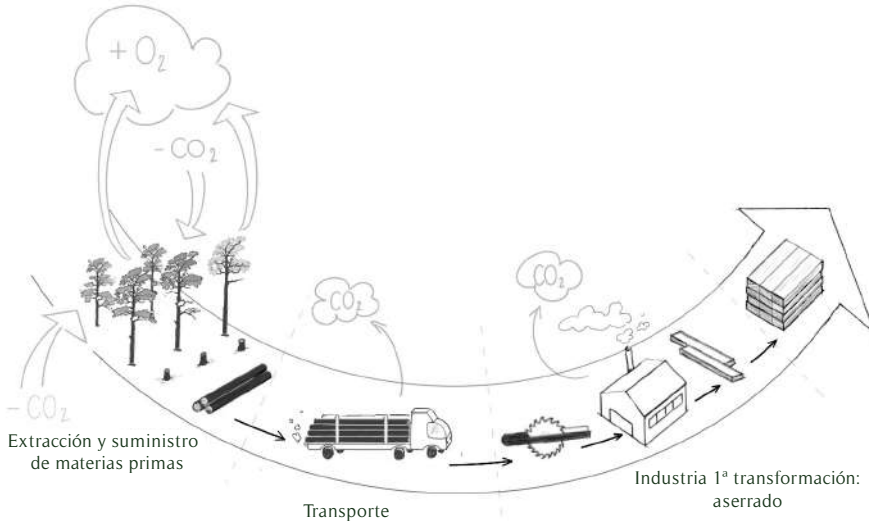
Característica albura	
Impregnabilidad	Fácil de tratar
Tamaño albura	Medio > 5 a 10 cm

¹ El duramen no es tratable. La durabilidad de una pieza de madera tratada dependerá de la mayor o menor presencia de albura tratada. En piezas con altos porcentajes de duramen su durabilidad será la establecida por la tabla de durabilidad natural. Las penetraciones indicadas en la norma UNE-EN 351-1 aplicables a cada una de las distintas clases de uso que requieren tratamiento serán las establecidas en la norma UNE-EN 460 y/o en el CTE DB-SEM.

² Vida de Servicio esperada para la madera tratada (en autoclave con sales hidrosolubles o con disolvente orgánico) según UNE-EN 351-1 y UNE-EN 460 y/o CTE DB-SEM

³ Los tratamientos de la madera deben incorporar también insectidas eficaces frente a insectos de ciclo larvario. En las clases de uso que no requieran tratamiento frente a hongos xilófagos se recomienda aplicar tratamiento superficial insecticida.

Valores ambientales



Esquema de etapas de ACV, de cuna a puerta de fábrica, para una viga de madera aserrada estructural de pino silvestre

	Energía embebida	Carbono embebido	Carbono biogénico	Emisiones de carbono (GWP)
	<i>MJ/UD</i>	<i>kg CO_{2-eq}/UD</i>	<i>kg CO_{2-eq}/UD</i>	<i>kg CO_{2-eq}/UD</i>
A1.- Aprovechamiento forestal	252,4	-821,0	851,2	30,2
A2.- Transportes al aserradero	166,4	10,0		10,0
A3.- Industria 1ª transformación	919,8			
TOTAL	1338,6	-794,7	-851,2	56,5

Madera aserrada estructural de pino laricio

Unidad declarada

La unidad declarada se define como 1 m³ de madera aserrada de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*. para uso estructural con tratamiento de lasur y un 12% de contenido de humedad en el momento de la entrega.

Producto tipo

Perfil de madera aserrada estructural (gran escuadría) de pino laricio (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*) para uso como elemento estructural (viga o pilar) seca al 12% de humedad con tratamiento superficial (lasur).

- Perfil de madera aserrada estructural de pino laricio de dimensiones 150 x 200 x 4000 mm.
- El producto tipo se obtiene a partir de madera en rollo con corteza de pino laricio que se descortezza, despieza, seca y trata con antiazulado y lasur.

Usos principales

1. Elementos estructurales (vigas, pilares, etc.)
2. Fachadas y cubiertas
3. Elementos auxiliares de construcción (encofrados, entablados, etc.)
4. Carpinterías
5. Revestimientos interiores y acabados
6. Suelos
7. Pérgolas y estructuras de jardín
8. Pasarelas, puentes
9. Infraestructuras rurales
10. Mobiliario urbano
11. Paletas y embalajes industriales
12. Construcción naval



Artesanado del Rectorado de la Universidad de Granada, en pino laricio, <https://www.ugr.es>



Escuadrías de madera aserrada estructural de pino laricio, <https://www.maderascuenca.com/>

Propiedades geométricas

		MEG	ME1	ME2
Dimensiones	Espesor	> 70 mm	≤ 70 mm	≤ 70 mm
Tolerancias	Tolerancias dimensionales según norma UNE-EN 336			

*MEG, ME1 y ME2, hacen referencia a las clases de calidad de las piezas de madera aserrada.

Propiedades físico-mecánicas

Según la norma UNE-EN 1912

	MEG	ME1	ME2
Clase resistente	C22	C30	C18

Según la norma UNE-EN 338

	MEG	ME1	ME2	
Flexión $f_{m,k}$	22	30	18	N/mm ²
Tracción paralela $f_{t,0,k}$	13	19	10	N/mm ²
Compresión paralela $f_{c,0,k}$	20	24	18	N/mm ²
Cortante $f_{v,k}$	3,80	4,00	3,40	N/mm ²
Tracción perpendicular $f_{t,90,k}$	0,40	0,40	0,40	N/mm ²
Compresión perpendicular $f_{c,90,k}$	2,40	2,70	2,20	N/mm ²
Módulo de elasticidad medio en flexión paralelo $E_{m,0,medio}$	10,00	12,00	9,00	kN/mm ²
Módulo de elasticidad transversal medio $E_{m,90,medio}$	0,33	0,40	0,30	kN/mm ²
Módulo de elasticidad característico en flexión paralelo	6,70	8,00	6,00	kN/mm ²
Módulo de cortante medio G_{medio}	0,63	0,75	0,56	kN/mm ²
Densidad media ρ_{medio}	410	460	380	kg/m ³
Densidad característica ρ_k	340	380	320	kg/m ³

Según la norma CEC- 2010

	MEG, ME1 y ME2	
Conductividad térmica λ	0,13	W/mK
Calor específico C_p	1600	J/kgK
Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua seco μ	20	

Propiedades de durabilidad y vida de servicio

Durabilidad natural - madera sin tratamiento

	Hongos xilófagos ²				
	CU1	CU2	CU3.1	CU3.2	CU4
Durabilidad duramen ¹	Muy durable	Durable	Moderadamente durable	No durable	No durable
Longevidad duramen ³	L > 100 años	50 < L < 100 años	10 < L < 50 años	L < 10 años o incierta	L < 10 años o incierta

	Insectos xilófagos ⁴	
	Larvarios	Termitas
Durabilidad duramen ¹	Durable	No durable

¹ Durabilidad natural del duramen según UNE-EN 350.

² Durabilidad natural del duramen frente a hongos xilófagos según clases de uso conforme a UNE-EN 335.

³ Vida de Servicio del duramen conforme a la norma francesa FD P20-651 (L inferior a 10 años o incierta: No se recomienda su empleo)

⁴ Los insectos xilófagos larvarios pueden actuar en cualquier clase de uso. Se recomienda tratamiento superficial en las clases de uso que no se contemple tratamiento en profundidad de la pieza.

Durabilidad artificial - madera tratada

		Hongos xilófagos ²				
		CU1	CU2	CU3.1	CU3.2	CU4
Durabilidad albura ¹		Durable sin tratamiento	Requiere tratamiento	Requiere tratamiento en profundidad		
Longevidad albura ³	Tratamiento: autoclave con sales hidrosolubles		L > 60 años	L > 30 años	L > 30 años	L > 15-25 años
	Tratamiento: autoclave con disolvente orgánico		L > 60 años	L > 15-30 años	L > 15-30 años	-

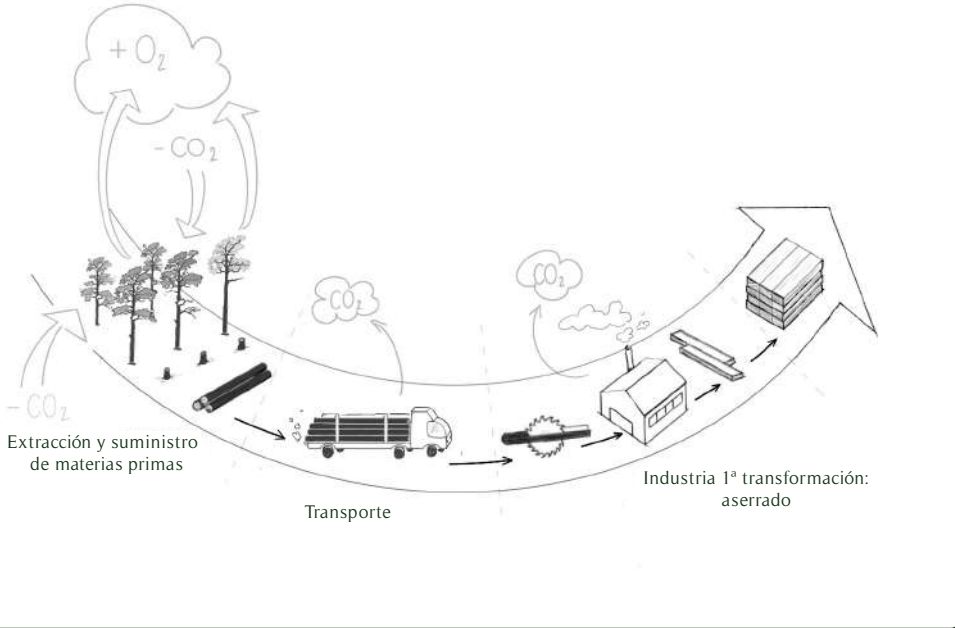
Característica albura	
Impregnabilidad	Fácil de tratar
Tamaño albura	Elevado > 10 cm

¹ El duramen no es tratable. La durabilidad de una pieza de madera tratada dependerá de la mayor o menor presencia de albura tratada. En piezas con altos porcentajes de duramen su durabilidad será la establecida por la tabla de durabilidad natural. Las penetraciones indicadas en la norma UNE-EN 351-1 aplicables a cada una de las distintas clases de uso que requieren tratamiento serán las establecidas en la norma UNE-EN 460 y/o en el CTE DB-SEM.

² Vida de Servicio esperada para la madera tratada (en autoclave con sales hidrosolubles o con disolvente orgánico) según UNE-EN 351-1 y UNE-EN 460 y/o CTE DB-SEM

³ Los tratamientos de la madera deben incorporar también insectidas eficaces frente a insectos de ciclo larvario. En las clases de uso que no requieran tratamiento frente a hongos xilófagos se recomienda aplicar tratamiento superficial insecticida.

Valores ambientales



Esquema de etapas de ACV, de cuna a puerta de fábrica, para una viga de madera aserrada estructural de pino laricio

	Energía embebida	Carbono embebido	Carbono biogénico	Emisiones de carbono (GWP)
	<i>MJ/UD</i>	<i>kg CO₂-eq/UD</i>	<i>kg CO₂-eq/UD</i>	<i>kg CO₂-eq/UD</i>
A1.- Aprovechamiento forestal	119,0	-896,1	-913,4	17,3
A2.- Transportes al aserradero	172,6	9,9		9,9
A3.- Industria 1ª transformación	1051,2	15,9		15,9
TOTAL	1342,8	-8704	-9134	43,0

Madera aserrada estructural de pino pinaster

Unidad declarada

La unidad declarada se define como 1 m³ de madera aserrada de *Pinus pinaster* para uso estructural con tratamiento de lasur y un 12% de contenido de humedad en el momento de la entrega.

Producto tipo

Perfil de madera aserrada estructural de pino pinaster (*Pinus pinaster* L.) para uso como elemento estructural (viga o pilar) seca al 12% de humedad con tratamiento superficial (lasur).

- Perfil de madera aserrada estructural de pino pinaster de dimensiones 50 x 150 x 3000 mm.
- El producto tipo se obtiene a partir de madera en rollo con corteza de pino pinaster que se descortezca, despieza, seca y trata con antiazulado y lasur.

Usos principales

1. Elementos estructurales (vigas, pilares, etc.)
 2. Fachadas y cubiertas
 3. Elementos auxiliares de construcción (encofrados, entablados, etc.)
 4. Carpinterías
 5. Revestimientos interiores y acabados
 6. Suelos
 7. Pérgolas y estructuras de jardín
 8. Infraestructuras rurales
 9. Mobiliario urbano
 10. Paletas y embalajes industriales
-



Tablones aserrados de pino pinaster,
<https://www.campogalego.es>

Construcción en madera
aserrada de pino pinaster,
<https://www.campogalego.es>

Propiedades geométricas

		MEG	ME1	ME2
Dimensiones	Espesor	-	≤ 70 mm	≤ 70 mm
Tolerancias	Tolerancias dimensionales según norma UNE-EN 336			

*MEG, ME1 y ME2, hacen referencia a las clases de calidad de las piezas de madera aserrada.

Propiedades físico-mecánicas

Según la norma UNE-EN 1912

	MEG	ME1	ME2
Clase resistente	-	C24	C18

Según la norma UNE-EN 338

	MEG	ME1	ME2	
Flexión $f_{m,k}$	-	24	18	N/mm ²
Tracción paralela $f_{t,0,k}$	-	14,50	10	N/mm ²
Compresión paralela $f_{c,0,k}$	-	21	18	N/mm ²
Cortante $f_{v,k}$	-	4	3,4	N/mm ²
Tracción perpendicular $f_{t,90,k}$	-	0,40	0,4	N/mm ²
Compresión perpendicular $f_{c,90,k}$	-	2,50	2,2	N/mm ²
Módulo de elasticidad medio en flexión paralelo $E_{m,0,medio}$	-	11,00	9	kN/mm ²
Módulo de elasticidad transversal medio $E_{m,90,medio}$	-	0,37	0,30	kN/mm ²
Módulo de elasticidad característico en flexión paralelo	-	7,50	6,0	kN/mm ²
Módulo de cortante medio G_{medio}	-	0,69	0,56	kN/mm ²
Densidad media ρ_{medio}	-	420	380	kg/m ³
Densidad característica ρ_k	-	350	320	kg/m ³

Según la norma CEC- 2010

	MEG, ME1 y ME2	
Conductividad térmica λ	0,13	W/mK
Calor específico C_p	1600	J/kgK
Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua seco μ	20	

Propiedades de durabilidad y vida de servicio

Durabilidad natural - madera sin tratamiento

	Hongos xilófagos ²				
	CU1	CU2	CU3.1	CU3.2	CU4
Durabilidad duramen ¹	Muy durable	Muy durable	Moderadamente durable	Moderadamente durable	No durable
Longevidad duramen ³	L>100 años	L>100 años	10 <L<50 años	10 <L<50 años	L<10 años o incierta

	Insectos xilófagos ⁴	
	Larvarios	Termitas
Durabilidad duramen ¹	Durable	No durable

¹ Durabilidad natural del duramen según UNE-EN 350.

² Durabilidad natural del duramen frente a hongos xilófagos según clases de uso conforme a UNE-EN 335.

³ Vida de Servicio del duramen conforme a la norma francesa FD P20-651 (L inferior a 10 años o incierta: No se recomienda su empleo)

⁴ Los insectos xilófagos larvarios pueden actuar en cualquier clase de uso. Se recomienda tratamiento superficial en las clases de uso que no se contemple tratamiento en profundidad de la pieza.

Durabilidad artificial - madera tratada

		Hongos xilófagos ²				
		CU1	CU2	CU3.1	CU3.2	CU4
Durabilidad albura ¹		Durable sin tratamiento	Requiere tratamiento	Requiere tratamiento en profundidad		
Longevidad albura ³	Tratamiento: autoclave con sales hidrosolubles		L> 60 años	L> 30 años	L> 30 años	L> 15-25 años
	Tratamiento: autoclave con disolvente orgánico		L> 60 años	L> 15-30 años	L> 15-30 años	-

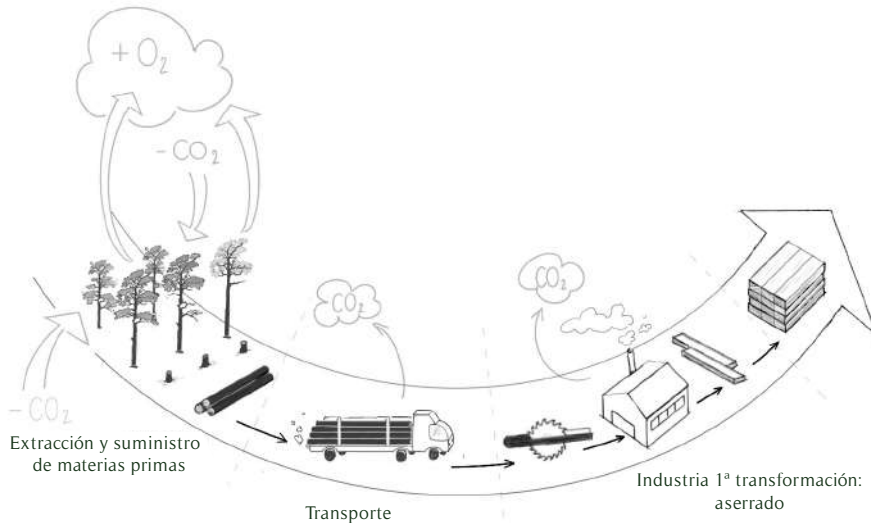
Característica albura	
Impregnabilidad	Fácil de tratar
Tamaño albura	Elevado > 10 cm

¹ El duramen no es tratable. La durabilidad de una pieza de madera tratada dependerá de la mayor o menor presencia de albura tratada. En piezas con altos porcentajes de duramen su durabilidad será la establecida por la tabla de durabilidad natural. Las penetraciones indicadas en la norma UNE-EN 351-1 aplicables a cada una de las distintas clases de uso que requieren tratamiento serán las establecidas en la norma UNE-EN 460 y/o en el CTE DB-SEM.

² Vida de Servicio esperada para la madera tratada (en autoclave con sales hidrosolubles o con disolvente orgánico) según UNE-EN 351-1 y UNE-EN 460 y/o CTE DB-SEM

³ Los tratamientos de la madera deben incorporar también insectidas eficaces frente a insectos de ciclo larvario. En las clases de uso que no requieran tratamiento frente a hongos xilófagos se recomienda aplicar tratamiento superficial insecticida.

Valores ambientales



Esquema de etapas de ACV, de cuna a puerta de fábrica, para una viga de madera aserrada estructural de pino pinaster

	Energía embebida	Carbono embebido	Carbono biogénico	Emisiones de carbono (GWP)
	<i>MJ/UD</i>	<i>kg CO_{2-eq}/UD</i>	<i>kg CO_{2-eq}/UD</i>	<i>kg CO_{2-eq}/UD</i>
A1.- Aprovechamiento forestal	116,1	-853,9	-875,7	21,8
A2.- Transportes al aserradero	169,5	9,4		9,4
A3.- Industria 1ª transformación	1015,5	27,6		27,6
TOTAL	1301,1	-816,9	-875,7	58,9

Madera aserrada estructural de castaño

Unidad declarada

La unidad declarada se define como 1 m³ de madera aserrada de *Castanea sativa* para uso estructural con tratamiento de lasur y un 12% de contenido de humedad en el momento de la entrega.

Producto tipo

Perfil de madera aserrada estructural de castaño (*Castanea sativa*) para uso como elemento estructural (viga o pilar) seca al 12% de humedad con tratamiento superficial (lasur).

- Perfil de madera aserrada estructural de castaño de dimensiones 50 x 150 x 3000 mm.
- El producto tipo se obtiene a partir de madera en rollo con corteza de castaño que se descorteza, despieza, seca y trata con lasur.

Usos principales

1. Elementos estructurales (vigas, pilares, etc.)
 2. Fachadas y cubiertas
 3. Carpinterías
 4. Suelos
 5. Revestimientos interiores y acabados
 6. Ebanistería
 7. Tonelería
 8. Pérgolas y estructuras de jardín
 9. Construcción naval
-



Construcción en madera de castaño,
<https://www.carpintek.es>



Escuadrías de madera aserrada estructural de
castaño, <https://www.campogalego.es>

Propiedades geométricas

		MEF-G	MEF
Dimensiones	Espesor	> 70 mm	≤ 70 mm
Tolerancias	Tolerancias dimensionales según norma UNE-EN 336		

*MEF y MEF-G, hacen referencia a las clases de calidad de las piezas de madera aserrada

Propiedades físico-mecánicas

Según la norma UNE-EN 1912

	MEF y MEF-G
Clase resistente	D24

Según la norma UNE-EN 338

	MEG	
Flexión $f_{m,k}$	24	N/mm ²
Tracción paralela $f_{t,0,k}$	14	N/mm ²
Compresión paralela $f_{c,0,k}$	21	N/mm ²
Cortante $f_{v,k}$	3,70	N/mm ²
Tracción perpendicular $f_{t,90,k}$	0,60	N/mm ²
Compresión perpendicular $f_{c,90,k}$	4,90	N/mm ²
Módulo de elasticidad medio en flexión paralelo $E_{m,0,medio}$	10,00	kN/mm ²
Módulo de elasticidad transversal medio $E_{m,90,medio}$	0,67	kN/mm ²
Módulo de elasticidad característico en flexión paralelo	840	kN/mm ²
Módulo de cortante medio G_{medio}	0,63	kN/mm ²
Densidad media ρ_{medio}	580	kg/m ³
Densidad característica ρ_k	485	kg/m ³

Según la norma CEC- 2010

	MEF-G y MEF	
Conductividad térmica λ	0,18	W/mK
Calor específico C_p	1600	J/kgK
Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua seco μ	50	

Propiedades de durabilidad y vida de servicio

Durabilidad natural - madera sin tratamiento

	Hongos xilófagos ²				
	CU1	CU2	CU3.1	CU3.2	CU4
Durabilidad duramen ¹	Muy durable	Muy durable	Muy durable	Durable	Moderadamente durable
Longevidad duramen ³	L > 100 años	L > 100 años	L > 100 años	50 <L < 100 años	10 <L < 50 años

	Insectos xilófagos ⁴	
	Larvarios	Termitas
Durabilidad duramen ¹	Durable	Medianamente durable

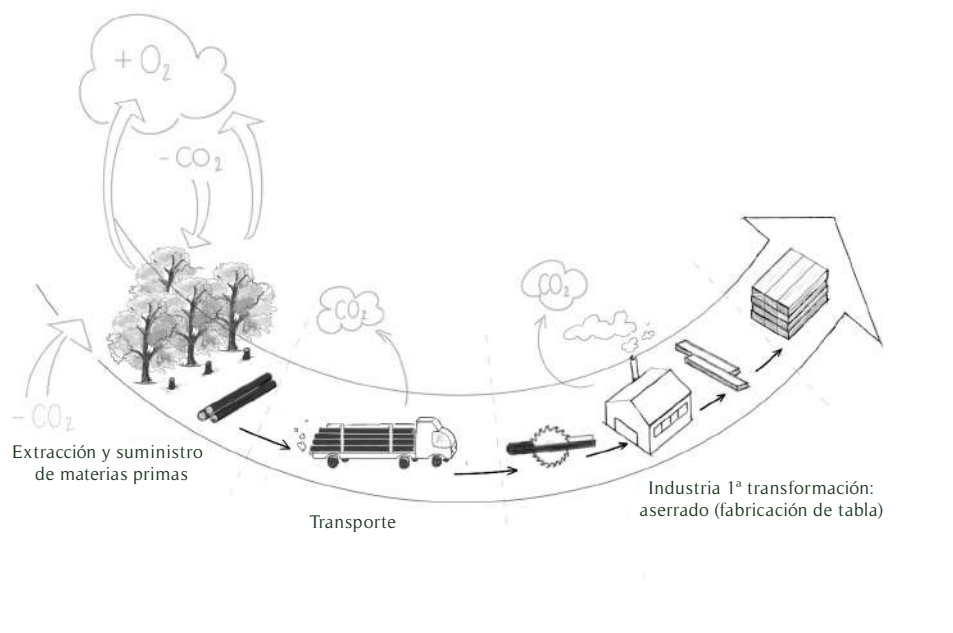
¹ Durabilidad natural del duramen según UNE-EN 350.

² Durabilidad natural del duramen frente a hongos xilófagos según clases de uso conforme a UNE-EN 335.

³ Vida de Servicio del duramen conforme a la norma francesa FD P20-651 (L inferior a 10 años o incierta: No se recomienda su empleo)

⁴ Los insectos xilófagos larvarios pueden actuar en cualquier clase de uso. Se recomienda tratamiento superficial en las clases de uso que no se contemple tratamiento en profundidad de la pieza.

Valores ambientales



Esquema de etapas de ACV, de cuna a puerta de fábrica, para una viga de madera aserrada estructural de castaño

	Energía embebida	Carbono embebido	Carbono biogénico	Emisiones de carbono (GWP)
	<i>MJ/UD</i>	<i>kg CO₂-eq/UD</i>	<i>kg CO₂-eq/UD</i>	<i>kg CO₂-eq/UD</i>
A1.- Aprovechamiento forestal	152,8	-865,6	-890,0	244
A2.- Transportes al aserradero	93,0	9,3		9,3
A3.- Industria 1ª transformación	1103,1	284		284
TOTAL	1348,9	-827,9	-890,0	62,1

Madera laminada encolada de pino silvestre

Unidad declarada

La unidad declarada se define como 1 m³ de madera laminada encolada de pino silvestre (*Pinus sylvestris*, L.) para uso como elemento estructural (viga o pilar), en ambiente seco y uso interior.

Producto tipo

Perfil de madera laminada encolada de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) para uso como elemento estructural (viga o pilar) seca al 12% de humedad con tratamiento superficial (lasur).

- Perfil de madera laminada encolada de pino silvestre de dimensiones 180 x 140 x 13000 mm.
- El producto tipo se obtiene a partir de tabla de madera de pino silvestre (clasificada estructuralmente y tratada con antiazulado), cola, endurecedor y lasur.

Usos principales

1. Elementos estructurales (vigas y pilares)
 2. Cubiertas para grandes luces, instalaciones deportivas, piscinas cubiertas y edificios comerciales
 3. Casas prefabricadas
 4. Pasarelas y puentes
 5. Carpintería (puertas, ventanas, escaleras)
 6. Paneles decorativos para aplicaciones arquitectónicas y revestimientos
 7. Pérgolas y estructuras de jardín
 8. Mobiliario urbano
 9. Infraestructuras para instalaciones de energías renovables y telecomunicaciones
 10. Elementos estructurales para barcos y embarcaciones
-



Escuadrías de madera laminada encolada de pino silvestre, <https://www.maderasansorena.com>

Construcción en madera laminada encolada de pino silvestre, <https://www.onesta.es/>

Propiedades geométricas

Dimensiones habituales	Ancho	100 - 215 mm	
	Alto	135-495 mm	En función del grosor de lámina: Clase de servicio 1 y 2: grosor de lámina < 45mm Clase de servicio 3: grosor de lámina < 35 mm
	Largo	≤ 13000mm	
Tolerancias	Tolerancias dimensionales según norma UNE-EN 390		

Propiedades físico-mecánicas

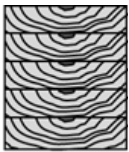
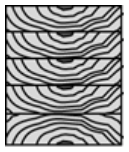
Según la norma UNE-EN 14080

Clase resistente	GL24h	GL28h	
Flexión $f_{m,g,k}$	24	28	N/mm ²
Tracción paralela $f_{t,0,g,k}$	19,2	22,3	N/mm ²
Tracción perpendicular $f_{t,90,g,k}$	0,5	0,5	N/mm ²
Compresión paralela $f_{c,0,g,k}$	24	28	N/mm ²
Compresión perpendicular $f_{c,90,g,k}$	2,5	2,5	
Cortante (cortadura y torsión) $f_{v,g,k}$	3,5	3,5	N/mm ²
Cortante de rodadura $f_{r,g,k}$	1,2	1,2	N/mm ²
Módulo de elasticidad medio paralelo $E_{0,g,medio}$	11500	12600	kN/mm ²
Módulo de elasticidad medio perpendicular $E_{90,g,medio}$	300	300	kN/mm ²
Módulo de elasticidad característico paralelo $E_{0,g,05}$	9600	10500	
Módulo de elasticidad característico perpendicular $E_{90,g,05}$	250	250	
Módulo de cortante medio $G_{g,medio}$	650	650	
Módulo de cortante característico $G_{g,05}$	540	540	
Módulo de cortante de rodadura medio $G_{rg,medio}$	65	65	kN/mm ²
Módulo de cortante de rodadura característico $G_{rg,05}$	54	54	kN/mm ²
Densidad característica $\rho_{g,k}$	385	425	kg/m ³
Densidad media $\rho_{g,medio}$	420	460	kg/m ³

Según la norma CEC- 2010

Conductividad térmica λ	0,13	W/mK
Calor específico Cp	1600	J/kgK
Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua seco μ	20	

Propiedades de durabilidad y vida de servicio

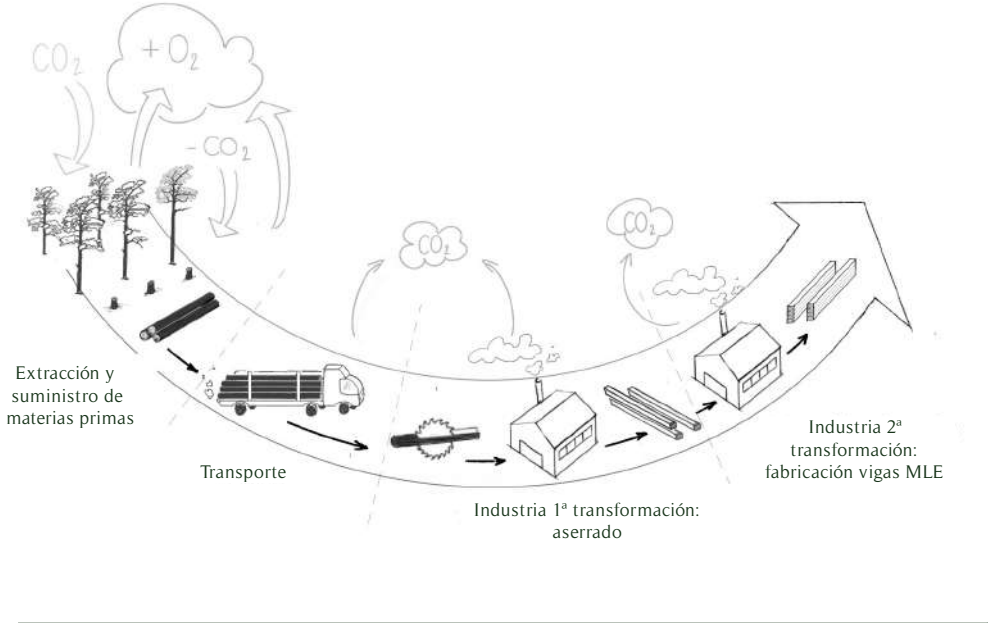
Clase de Servicio ¹ y Clase de Uso ²	Tipo de adhesivo	Tratamiento de la madera	Disposición de las láminas ³
CS1 CU1	UF, UMF, Resorcina, Poliuretano, EPOXI/Vinílicas	Acabado superficial, lasures y geles	
CS2 CU2	UMF, Resorcina, Poliuretano	Acabado superficial, lasures y geles	
CS3 CU3.1	UMF, Resorcina	Tratamiento en autoclave del perfil completo	
CS3 CU3.2	UMF, Resorcina	Tratamiento en autoclave de las láminas previo al encolado de la pieza.	

¹ Clase de servicio según la norma UNE-EN 1995-1-1 o CTE DB-SEM.

² Clases de uso conforme a UNE-EN 335.

³ Disposición de las láminas que conforman el perfil según UNE-EN 14080.

Valores ambientales



Esquema de etapas de ACV, de cuna a puerta de fábrica, para una viga de madera laminada encolada de pino silvestre

	Energía Embebida	Carbono embebido	Carbono biogénico	Emisiones de carbono (GWP)
	<i>MJ/UD</i>	<i>kg CO₂-eq/UD</i>	<i>kg CO₂-eq/UD</i>	<i>kg CO₂-eq/UD</i>
A1.- Aprovechamiento forestal	253,6	-758,5	-851,2	927
A2.- Transportes al aserradero	169,9	11,0		11,0
A3.- Industria 1ª y 2ª transformación	978,1	23,5		23,5
TOTAL	1401,6	-724,0	-851,2	127,2

Madera laminada encolada de castaño

Unidad declarada

La unidad declarada se define como 1 m³ de madera laminada encolada de *Castanea sativa*, L. para uso estructural con tratamiento de lasur y un 12% de contenido de humedad en el momento de la entrega.

Producto tipo

Perfil de madera laminada encolada de castaño (*Castanea sativa*) para uso como elemento estructural (viga o pilar) seca al 12% de humedad con tratamiento superficial (lasur).

- Perfil de madera laminada encolada estructural de castaño de dimensiones 150 x 200 x 4000 mm.
- El producto tipo se obtiene a partir de tabla de madera de castaño (clasificada estructuralmente), cola, endurecedor y lasur.

Usos principales

1. Elementos estructurales (vigas y pilares)
 2. Cubiertas para grandes luces, instalaciones deportivas, piscinas cubiertas y edificios comerciales
 3. Casas prefabricadas
 4. Pasarelas y puentes
 5. Carpintería (puertas, ventanas, escaleras)
 6. Paneles decorativos para aplicaciones arquitectónicas y revestimientos
 7. Pérgolas y estructuras de jardín
 8. Mobiliario urbano
 9. Elementos estructurales para barcos y embarcaciones
-



Ejemplos en madera laminada encolada de castaño, <https://www.maderea.es>



Escuadrías de madera laminada encolada de castaño, <https://www.sierolam.com/>

Propiedades geométricas

Dimensiones habituales	Ancho	70 - 240 mm	
	Alto	120 - 400 mm	En función del grosor de lámina: Clase de servicio 1 y 2: grosor de lámina < 40mm Clase de servicio 3: grosor de lámina < 35 mm
	Largo	≤ 13500 mm	
Tolerancias	Tolerancias dimensionales según norma UNE-EN 390		

Propiedades físico-mecánicas

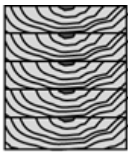
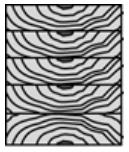
Según la norma UNE-EN 14080

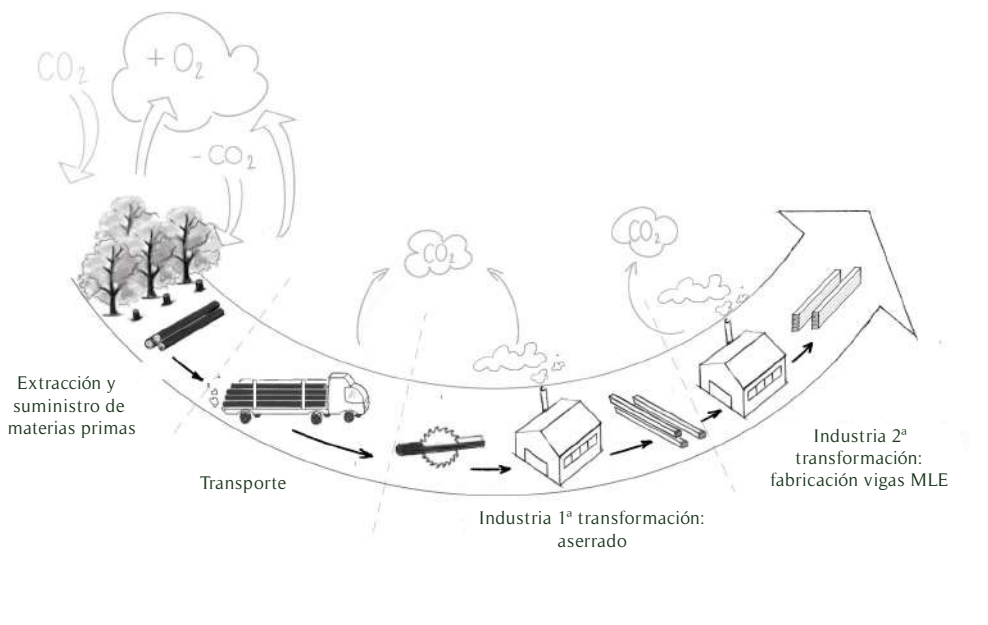
Clase resistente	GL30h	
Flexión $f_{m,g,k}$	30	N/mm ²
Tracción paralela $f_{t,0,g,k}$	24	N/mm ²
Tracción perpendicular $f_{t,90,g,k}$	0,5	N/mm ²
Compresión paralela $f_{c,0,g,k}$	30	N/mm ²
Compresión perpendicular $f_{c,90,g,k}$	2,5	
Cortante (cortadura y torsión) $f_{v,g,k}$	3,5	N/mm ²
Cortante de rodadura $f_{r,g,k}$	1,2	N/mm ²
Módulo de elasticidad medio paralelo $E_{0,g,medio}$	13600	kN/mm ²
Módulo de elasticidad medio perpendicular $E_{90,g,medio}$	300	kN/mm ²
Módulo de elasticidad característico paralelo $E_{0,g,05}$	11300	
Módulo de elasticidad característico perpendicular $E_{90,g,05}$	250	
Módulo de cortante medio $G_{g,medio}$	650	
Módulo de cortante característico $G_{g,05}$	540	
Módulo de cortante de rodadura medio $G_{rg,medio}$	65	kN/mm ²
Módulo de cortante de rodadura característico $G_{rg,05}$	54	kN/mm ²
Densidad característica $\rho_{g,k}$	430	kg/m ³
Densidad media $\rho_{g,medio}$	480	kg/m ³

Según la norma CEC- 2010

Conductividad térmica λ	0,18	W/mK
Calor específico Cp	1600	J/kgK
Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua seco μ	50	

Propiedades de durabilidad y vida de servicio

Clase de Servicio ¹ y Clase de Uso ²	Tipo de adhesivo	Tratamiento de la madera	Disposición de las láminas ³
CS1 CU1	UF, UMF, Resorcina, Poliuretano, EPOXI/Vinílicas	Acabado superficial, lasures y geles	
CS2 CU2	UMF, Resorcina, Poliuretano	Acabado superficial, lasures y geles	
CS3 CU3.1	UMF, Resorcina	Acabado superficial, lasures y geles ⁴	
CS3 CU3.2	No procede ⁵	No procede ⁵	



Esquema de etapas de ACV, de cuna a puerta de fábrica, para una viga de madera laminada encolada de castaño

	Energía Embebida	Carbono embebido	Carbono biogénico	Emisiones de carbono (GWP)
	<i>MJ/UD</i>	<i>kg CO_{2-eq}/UD</i>	<i>kg CO_{2-eq}/UD</i>	<i>kg CO_{2-eq}/UD</i>
A1.- Aprovechamiento forestal	152,8	-7927	-890,0	97,3
A2.- Transportes al aserradero	164,9	16,4		16,4
A3.- Industria 1ª y 2ª transformación	1065,4	23,5		23,5
TOTAL	1383,1	-752,8	-890,0	137,2

¹ Clase de servicio según la norma UNE-EN 1995-1-1 o CTE DB-SEM.

² Clases de uso conforme a UNE-EN 335.

³ Disposición de las láminas que conforman el perfil según UNE-EN 14080.

⁴ La durabilidad natural de la madera de castaño la protege frente a los principales agentes xilófagos presentes en esta clase de uso pero no frente a insectos de ciclo larvarios, por lo que se precisa aplicar un tratamiento superficial de tipo insecticida.

⁵ La impregnabilidad de la madera de castaño según la norma UNE-EN 350 no permite tratamientos en profundidad por lo que no puede cumplir con los criterios de la clase de uso 3.2

Tablero SWP multicapa de pino silvestre

Unidad declarada

La unidad declarada se define como 1 m³ de tablero multicapa SWP de pino silvestre (*Pinus sylvestris*, L.) para uso como encofrado en ambiente exterior

Producto tipo

Tablero de madera maciza multicapa de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.), seco al 12±3% de humedad.

- Tablero de madera maciza tricapa de pino silvestre de dimensiones 32 x 500 x 2050 mm para uso como encofrado

Usos principales

1. Encofrados
 2. Elementos estructurales en viviendas
 3. Revestimiento de fachadas
 4. Carpinterías (puertas, escaleras, armarios)
 5. Revestimiento de interiores (suelos, paredes)
 6. Remolques, interiores de vehículos recreativos
 7. Mobiliario interior
 8. Mobiliario exterior
 9. Paneles publicitarios y señalización exterior
 10. Cajas y embalajes
-

Construcción con tablero SWP multicapa de pino silvestre, <https://www.macusa.es>



Tablero SWP multicapa de pino silvestre, <https://www.rubner.com>

Propiedades geométricas

Dimensiones habituales	Espesor	Tricapa	12, 16, 19, 22, 27, 32, 40, 50, 60 mm
		Multicapa	35, 42, 50, 52 mm
	Anchura		500 mm
	Longitud		2050 mm
Tolerancias *según norma UNE-EN 13353	Longitud y anchura		± 2,0 mm
	Espesor	Tolerancia dentro de un tablero	0,5 mm
		Sobre el espesor nominal	± 1,0 mm
	Rectitud de cantos		1,0 mm/m
Escuadría		1,0 mm/m	

Propiedades físico-mecánicas

Según la norma UNE-EN 13353, UNE-EN 12369

Espesor	Densidad	Valores característicos para la densidad (kg/m ³) y la resistencia (N/mm ²)											
		Flexión de plano del tablero		Flexión de canto del tablero		Tracción		Compresión		Cortante de cizalladura		Cortante de rodadura	
		f _m		f _p		f _t		f _c		f _v		f _r	
t _{nom}		0	90	0	90	0	90	0	90	0	90	0	90
12 a 20	410	35	5	25	12	16	6	16	10	4	5	1,6	1,4
>20 a 30	410	30	5	14	12	9	6	16	10	4	3,5	1,6	1,4
>30 a 42	410	16	9	12	12	6	6	10	16	3,5	2,5	1,2	1,4
>42	410	12	9	10	12	6	6	10	16	2,5	2	1,2	1,4

Según la norma UNE-EN 13353, UNE-EN 12369

Espesor	Valores medios de rigidez (N/mm ²)											Módulo de elasticidad en flexión perpendicular al plano ¹
	Flexión de plano del tablero		Flexión de canto del tablero		Tracción		Cortante de cizalladura		Cortante de rodadura		G _r	
	E _m		E _p		E _t		G _v		G _r			
t _{nom}	0	90	0	90	0	0	0	90	0	90	0	90
12 a 20	10000	550	4700	3500	41	41	470	470	41	41	8500	470
>20 a 30	8200	550	2900	3500	41	41	470	470	41	41	7000	470
>30 a 42	7600	1500	2400	4700	41	41	470	470	41	41	6500	1300
>42	7100	1500	1800	4700	41	41	470	470	41	41	6000	1300

¹ Valores de Módulo de elasticidad en flexión perpendicular al plano recogidos en la norma UNE-EN 13353.

² Los valores característicos de la rigidez (valor del 5º percentil) se obtienen como 0,85 veces los valores medios relacionados en esta tabla.

Valores de propiedades higrotérmicas

CEC- 2010

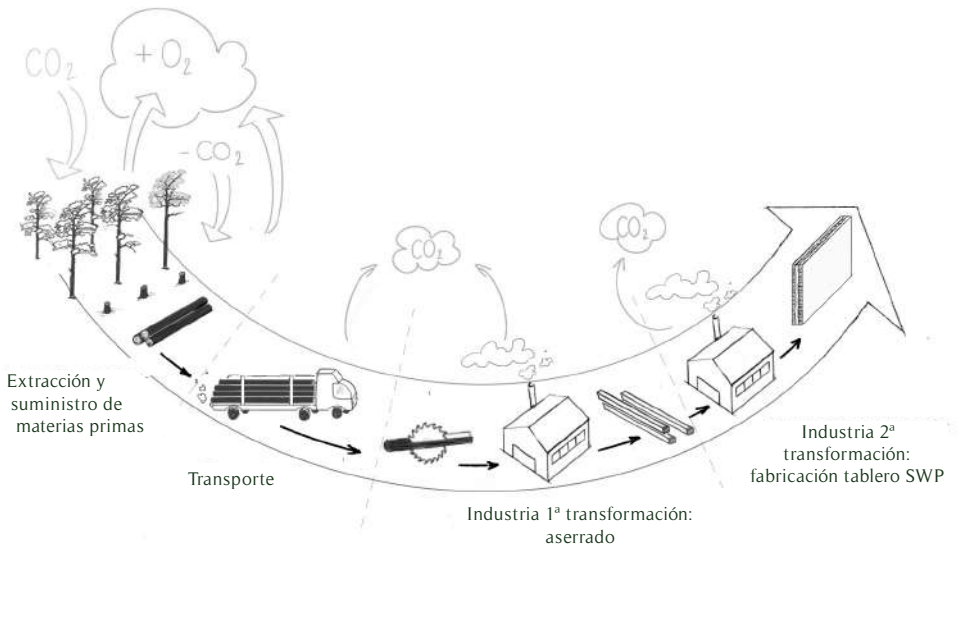
Conductividad térmica	λ	0,24 – 0,09	W/mK
Calor específico	C _p	1600	J/kgK
Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua seco	μ	110 - 50	-

* Los valores de conductividad térmica 'λ' varían en función de la densidad del tablero de madera maciza.

Condiciones de uso y servicio

Clase Técnica	Condición de uso	Clase de uso ¹	Clase de servicio ²	Contenido de humedad ³
SWP1	ambiente seco	1	1	(8±2) %
SWP2	ambiente húmedo	1/2	2	(10±3) %
SWP3	en exterior	1/2/3.1/3.2	3	(12±3) %

Valores ambientales



Esquema de etapas de ACV, de cuna a puerta de fábrica, para un tablero SWP multicapa de pino silvestre

	Energía Embebida	Carbono embebido	Carbono biogénico	Emisiones de carbono (GWP)
	<i>MI/UD</i>	<i>kg CO_{2-eq}/UD</i>	<i>kg CO_{2-eq}/UD</i>	<i>kg CO_{2-eq}/UD</i>
A1.- Aprovechamiento forestal	80,6	-785,9	8624	76,5
A2. Transportes al aserradero	168,5	16,8		16,8
A3.- Industria 1ª y 2ª transformación	1330,5	58,7		58,7
TOTAL	15797	-710,5	-8624	151,9

¹ Clases de uso conforme a la Norma UNE-EN 335.

² Clases de servicio según UNE-EN 1995-1-1 o CTE DB-SEM.

³ Contenido de humedad según la norma UNE-EN 13353.

Nota: todos los tableros conformados con maderas carentes de resistencia biológica natural adecuada a la clase de uso deberán recibir los tratamientos fungicidas e insecticidas adecuados.

Tablero SWP monocapa de castaño

Unidad declarada

La unidad declarada se define como 1 m³ de tablero de madera maciza monocapa de castaño (*Castanea sativa* Mill.) para uso peldaño, en ambiente seco y uso interior.

Producto tipo

Tablero de madera maciza monocapa de castaño (*Castanea sativa* Mill.), seco al 8±2% de humedad con tratamiento superficial con lasur.

- Tablero de madera maciza monocapa (tablero alistonado) de castaño de dimensiones 32 x 1220 x 2440 mm para uso peldaño.

Usos principales

1. Carpinterías
 2. Revestimiento de fachadas
 3. Revestimiento de interiores (suelos, paredes)
 4. Mobiliario interior
 5. Mobiliario exterior
 6. Elementos estructurales en viviendas
-



Tablero SWP monocapa de castaño,
<https://www.onesta.es/>

Puerta de alistonado de
 castaño monocapa,
<https://www.pinterest.es>

Propiedades geométricas

Dimensiones habituales	Espesor	20, 32, 42 mm	
	Anchura	1000, 1220 mm	
	Longitud	900, 1000, 1500, 2440 mm	
Tolerancias *según norma UNE-EN 13353	Longitud y anchura		± 2,0 mm
	Espesor	Tolerancia dentro de un tablero	0,5 mm
		Sobre el espesor nominal	± 1,0 mm
	Rectitud de cantos		1,0 mm/m
	Escuadría		1,0 mm/m

Propiedades físico-mecánicas

Según la norma UNE-EN 13353, UNE-EN 12369

Espesor (mm)	Densidad (kg/m ³)	Resistencia a flexión en el plano del tablero (N/mm ²)	Resistencia a flexión perpendicular al plano del tablero (N/mm ²)
		Paralela a la dirección de la fibra	Paralela a la dirección de la fibra
> 20 a 30	410	40	40

Espesor (mm)	Densidad (kg/m ³)	Módulo de elasticidad en flexión en el plano del tablero (N/mm ²)	Módulo de elasticidad en flexión perpendicular al plano del tablero (N/mm ²)
		Paralelo a la dirección de la fibra	Paralelo a la dirección de la fibra
> 20 a 30	410	10000	8500

Valores de propiedades higrótérmicas

CEC- 2010

Conductividad térmica	λ	0,24 – 0,09	W/mK
Calor específico	C_p	1600	J/kgK
Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua seco	μ	110 - 50	-

* Los valores de conductividad térmica ' λ ' varían en función de la densidad del tablero de madera maciza.

Condiciones de uso y servicio

Clase Técnica	Condición de uso	Clase de uso ¹	Clase de servicio ²	Contenido de humedad ³
SWP1	ambiente seco	1	1	(8±2) %
SWP2	ambiente húmedo	1/2	2	(10±3) %
SWP3	en exterior	1/2/3.1/3.2	3	(12±3) %

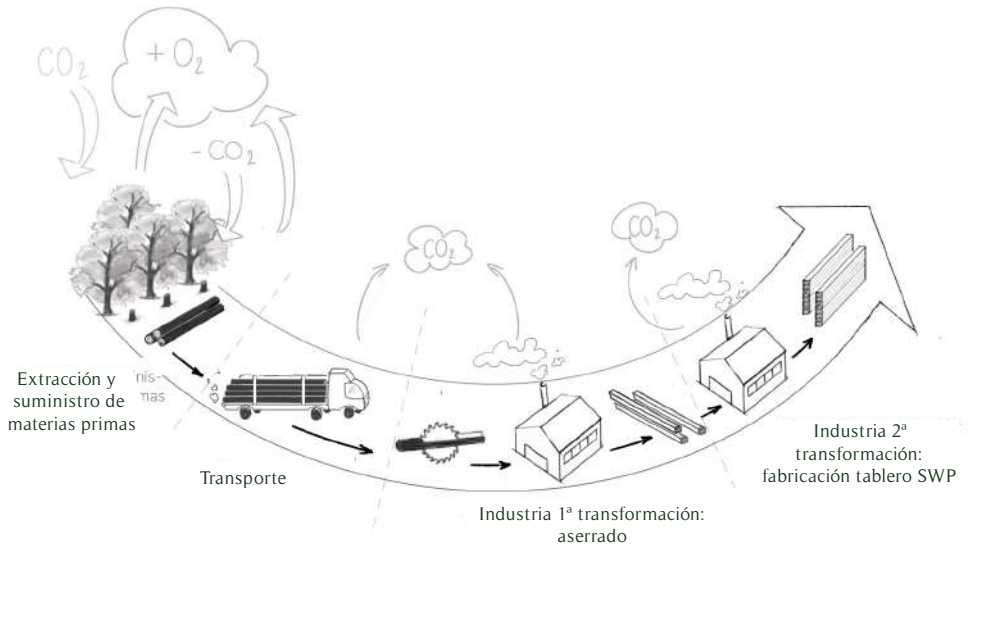
¹ Clases de uso conforme a la Norma UNE-EN 335.

² Clases de servicio según UNE-EN 1995-1-1 o CTE DB-SEM.

³ Contenido de humedad según la norma UNE-EN 13353.

Nota: todos los tableros conformados con maderas carentes de resistencia biológica natural adecuada a la clase de uso deberán recibir los tratamientos fungicidas e insecticidas adecuados.

Valores ambientales



Esquema de etapas de ACV, de cuna a puerta de fábrica, para un tablero SWP monocapa de castaño

	Energía Embebida	Carbono embebido	Carbono biogénico	Emisiones de carbono (GWP)
	<i>MJ/UD</i>	<i>kg CO_{2-eq}/UD</i>	<i>kg CO_{2-eq}/UD</i>	<i>kg CO_{2-eq}/UD</i>
A1.- Aprovechamiento forestal	152,8	-793,9	892,9	99,0
A2.- Transportes al aserradero	165,0	164		164
A3.- Industria 1ª y 2ª transformación	12104	42,9		42,9
TOTAL	1528,1	-734,6	-892,9	158,3

Tablero contrachapado de chopo

Unidad declarada

La unidad declarada se define como 1 m³ de tablero contrachapado estructural durable de chopo (*Populus sp.*) de 7 chapas para uso en elemento constructivo de cubierta expuesta, en ambiente húmedo y uso exterior.

Producto tipo

Tablero contrachapado estructural de chopo (*Populus sp.*) para uso en elemento constructivo de cubierta expuesto al exterior, seco al 12% de humedad y con tratamiento de durabilidad.

- Tablero contrachapado estructural durable de chopo compuesto por 7 chapas de dimensiones 15 x 1220 x 2440 mm.

Usos principales

1. Estructurales (cubiertas, muros, etc.)
 2. Encofrados
 3. Carpinterías
 4. Revestimientos en fachadas
 5. Revestimientos interiores
 6. Mobiliario
 7. Instrumentos musicales
 8. Remolques, interiores de vehículos recreativos
 9. Cajas de camiones, suelos de autobuses y trenes
 10. Envases y embalajes
-



Tablero contrachapado de chopo,
<https://servicarpin.es>

Forrado y mobiliario en tablero
 contrachapado de chopo,
<https://www.garnica.one>

Propiedades geométricas

Dimensiones habituales	Espesor	8 a 25 mm
	Anchura	1220 mm
	Longitud	2440 mm
Tolerancias	Tolerancias dimensionales según la norma UNE-EN 315	
	Contenido de humedad 10±2%	

Propiedades físico-mecánicas

Valor mínimo de la resistencia característica a flexión $f_{m,k}$ (N/mm²)

UNE-EN 636, UNE-EN 12369

Clase	F3	F4	F10	F15	F20	F25	F30	F40	F50	F60	F70	F80
$f_{m,k}$ (N/mm ²)	3	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80

Valor mínimo del módulo de elasticidad medio $E_{m,medio}$ (N/mm²)

UNE-EN 636, UNE-EN 12369

Clase	E5	E10	E15	E20	E25	E30	E40	E50	E60	E70	E80	E90	E100	E120	E140
$E_{m,medio}$ (N/mm ²)	500	1000	1500	2000	2500	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	12000	14000

Valores de k_{mod} para tablero contrachapado

UNE-EN 1995 1 - 1

	Clase de duración de carga				
	Acción permanente	Acción de larga duración	Acción de media duración	Acción de corta duración	Acción instantánea
CS 1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
CS 2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
CS 3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Valores de k_{def} para tablero contrachapado, UNE-EN 1995 1 - 1

	k_{def}
CS 1	0,8
CS 2	1,0
CS 3	2,5

Valores de Cortante de Cizalladura y Rodadura para tablero contrachapado, UNE-EN 636, UNE-EN 12369

Cortante de cizalladura	$f_{v,k}$	3
	$G_{v,medio}$	300
Cortante de rodadura	$f_{r,k}$	0,5
		20

Valores de propiedades higrotérmicas

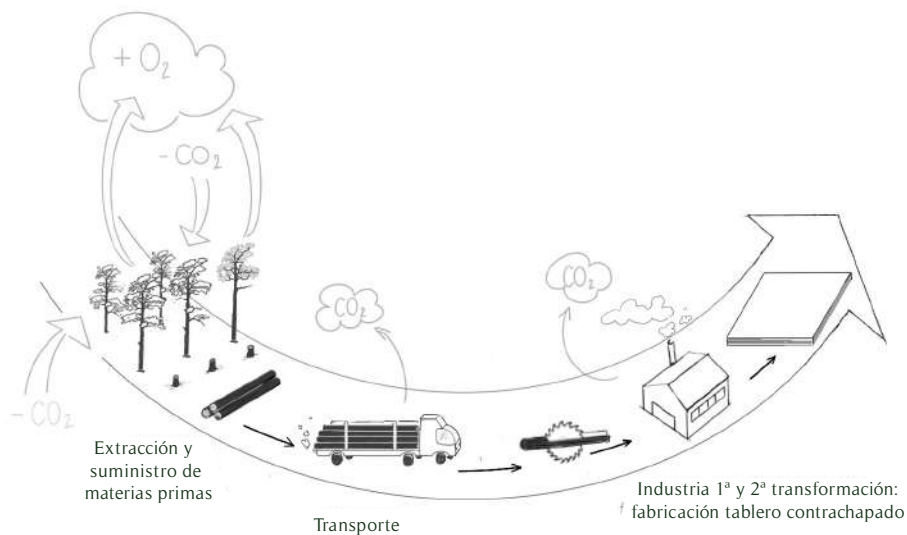
CEC- 2010

Conductividad térmica	λ	0,24 – 0,09	W/mK
Calor específico	C_p	1600	J/kgK
Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua seco	μ	110 - 50	-

* Los valores de conductividad térmica ' λ ' varían en función de la densidad del tablero de madera maciza.

Condiciones de uso y servicio

Clase Técnica ¹	Condición de uso	Clase de uso ²	Clase de servicio ³	Adhesivos ⁴
1	Ambiente seco	1	1	UF
2	Ambiente húmedo	1/2	2	MUF, PF
3	Ambiente exterior	1/2/3.1/3.2	3	PF



Esquema de etapas de ACV, de cuna a puerta de fábrica, para un tablero contrachapado de chopo

	Energía Embebida	Carbono embebido	Carbono biogénico	Emisiones de carbono (GWP)
	<i>MJ/UD</i>	<i>kg CO₂-eq/UD</i>	<i>kg CO₂-eq/UD</i>	<i>kg CO₂-eq/UD</i>
A1.- Aprovechamiento forestal	80,6	-785,9	862,4	76,5
A2.- Transportes al aserradero	168,5	16,8		16,8
A3.- Industria 1ª y 2ª transformación	1330,5	58,7		58,7
TOTAL	1579,7	-710,5	-862,4	151,9

¹ Clases técnicas definidas según lo establecido en la norma UNE-EN 636.

² Clases de uso conforme a la norma UNE 35.

³ Clases de servicio conforma a la norma UNE-EN 1995-1-1 o CTE DB-SEM.

⁴ Tipo de adhesivo según la norma UNE-EN 636 para cada condición de uso.

Nota: todos los tableros conformados con maderas carentes de resistencia biológica natural adecuada a la clase de uso deberán recibir los tratamientos fungicidas e insecticidas adecuados.

Agradecimientos

A la Dirección General de Arquitectura de la Junta de Extremadura como socio coordinador del proyecto LIFE ReNaturalNZEB, en especial a Esther Gamero Ceballos-Zúñiga por su apoyo y dedicación como coordinadora del proyecto y a Mónica Ruiz-Roso Luna por su implicación en todo momento.

Al resto de socios del proyecto LIFE ReNaturalNZEB, ITeCons, CICYTEX, INTROMAC, URVIPEXSA y LNEG, por su colaboración en el desarrollo del proyecto.

A todas las personas que desde la Universidad de Córdoba han trabajado para que el proyecto LIFE ReNaturalNZEB, se haya desarrollado con éxito. En especial a Teresa Garnica Muñoz por su entusiasmo y dedicación a lo largo de todo el proyecto.

A la Cátedra ONESTA de bioproductos para construcción por su ayuda en la difusión de este proyecto.

A las empresas y asociaciones que han colaborado proporcionando datos para la obtención de los impactos en las distintas etapas del ciclo de vida de los productos y a los investigadores del CSIC por su asesoramiento siempre desinteresado.

Una mención especial a Álvaro Rodríguez Martín, por su trabajo e implicación en el montaje y maquetación de esta guía. Su profesionalidad ha permitido que esta guía supere ampliamente los objetivos inicialmente planteados.

Por último, a todos los que utilizan la madera de forma responsable contribuyendo a que la madera se posicione como el material para la construcción sostenible del presente y del futuro.



Bibliografía y referencias

ARBOLAPP. (2024, Febrero). Pino silvestre (*Pinus sylvestris*). <https://www.arbolapp.es/especies/ficha/pinus-sylvestris/>

Bravo, A.; Montero, G. (2008). Descripción de los caracteres culturales de las principales especies forestales de España. En: Serrada, R.; Montero, M. y Reque, J. (editores): Compendio de Selvicultura Aplicada en España. 2008. INIA y FUCOVASA. Madrid. ISBN.: 978-84-7498521-4. 1.178 pp.

CICES. (2024, Febrero). CICES Version 5.1. <https://cices.eu/>

Ceballos, L., Ruiz de la Torre, J. (1979). Árboles y arbustos. Ed Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid.

Código Técnico de la Edificación (2006). Documento Básico Seguridad Estructural. Madera

Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Junta de Andalucía. (2016). Memorias científicas de RECAMAN: valoración de los servicios públicos y la renta social de los sistemas forestales de Andalucía. Vol. 5. Madrid. <https://cpage.mpr.gob.es/producto/memorias-cientificas-de-recaman-2/>

EOTA 2005 ETAG 016 Self-Supporting Composite Lightweight Panels.

EOTA 2004 ETAG 019 Guideline for European Technical Approval of Prefabricated Wood-based Loadbearing Stressed Skin Panels.

FD P20 G51 Durabilité des éléments et ouvrages en bois.

Fernández-Golfín, J.I. y Conde, M. (2007). Manual técnico de secado de maderas. AITIM.

Fundación Naturgy. (2023). Evolución de las emisiones sectoriales de gases efecto invernadero en el contexto europeo 2017-2021.

IPCC. (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental

Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

IPCC. (2013). Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.

Isajev, V., B. Fady, H. Semerci y V. Andonovski. (2009). EUFORGEN Guía técnica para la conservación genética y utilización del pino laricio (*Pinus nigra*). Foresta. Madrid. España. https://www.euforgen.org/fileadmin/templates/euforgen.org/upload/Countries/Spain/Technical_guidelines/Pinus_nigra_ESP.pdf

Kollmann, F. (1959). Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Madrid, España: Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera.

Life ReNatural NZEB. (2024, Febrero). Base de precios de construcción NZEB. <https://www.liferenatural.com/es/documentaci%C3%B3n/base-de-precios-construcci%C3%B3n>

López, G. A. (1982). La guía de INCAFO de los árboles y arbustos de la península ibérica. Editorial INCAFO. Madrid.

López, G. A. (2007). Guía de los árboles y arbustos de la península. Ediciones MUNDI-PRENSA.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2024, Febrero). Caminos naturales. Vegetación. Pino silvestre (*Pinus sylvestris*). https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/caminos-naturales/caminos-naturales/detalle_punto_interes.aspx?tcm=tcm:30549680&id_camino=013424&topologia=Vegetaci%C3%B3n&origen=Destacados

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2024, Febrero). Banco de Datos de la Naturaleza. Mapa Forestal de España. <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza.html>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2024, Febrero). Mapas de formaciones arboladas. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/formaciones_arboladas.html

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2022). Anuario de Estadística Forestal 2021. Ed. MITECO, Madrid. 191 pp. ISBN: 978-84-18778-23-0. <https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/estadisticas/aef2021/anuario-estadistica-forestal-2021.pdf>

Montero, G. (2018). El castaño: (*Castanea sativa* Mill.). Revista Foresta, 72

Montero, G., Ruiz-Peinado, R. y Muñoz, M. (2005). Producción de Biomasa y Fijación de CO₂ Por Los Bosques Españoles.

Peraza, F. y Peraza J. E. (2010). Guía de la madera. AITIM.

Reglamento (UE) 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción. Reglamento de productos de la construcción

Reglamento (UE) 528/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de mayo de 2012, relativo a la comercialización y el uso de los biocidas

UNE-EN 315: 2001 Tablero contrachapado. Tolerancias dimensionales

UNE-EN 335:2013 Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Clases de uso: definiciones, aplicación a la madera maciza y a los productos derivados de la madera

UNE-EN 336: 2014 Madera estructural. Medidas y tolerancias

UNE-EN 338:2016 Madera estructural. Clases resistentes

UNE-EN 350:2016 Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Ensayos y clasificación de la resistencia a los agentes biológicos de la madera y de los productos derivados de la madera

UNE-EN 351-1:2008 Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Madera maciza tratada con productos protectores. Parte 1: Clasificación de las penetraciones y retenciones de los productos protectores

UNE-EN 460:2023 Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Guía para determinar las prestaciones

UNE-EN 636:2012+A1:2015 Tableros contrachapados. Especificaciones

UNE-EN 1912:2012 Madera estructural. Clases resistentes. Asignación de calidades visuales y especies

UNE-EN 12369-2:2023 Tableros derivados de la madera. Valores característicos para el cálculo estructural. Parte 2: Tablero contrachapado

UNE-EN 12369-3:2023 Tableros derivados de la madera. Valores característicos para el cálculo estructural. Parte 3: Tableros de madera maciza

UNE-EN 13353: 2023 Tableros de madera maciza (SWP). Requisitos

UNE-EN 14080:2022 Estructuras de madera. Madera laminada encolada y madera maciza encolada. Requisitos

UNE-EN 14081-1: 2016 Estructuras de madera. Madera estructural con sección transversal rectangular clasificada por su resistencia. Parte 1: Requisitos generales

UNE-EN 14081-2 :2019 Estructuras de madera. Madera estructural con sección transversal rectangular clasificada por su resistencia. Parte 2: Clasificación mecánica. Requisitos complementarios para los ensayos de tipo

UNE-EN 15804:2012+A1:2014 Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de categoría de producto básicas para productos de construcción

UNE-EN 16449:2014 Madera y productos derivados de la madera. Cálculo del contenido en carbono biogénico de la madera y conversión en dióxido de carbono

UNE-EN 1912:2012 Madera estructural. Clases resistentes. Asignación de calidades visuales y especies

UNE-EN 1995-1-1:2016 Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.

UNE-EN ISO/IEC 17025:2017 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. (ISO/IEC 17025:2017)

UNE-EN ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos. (ISO 9001:2015)

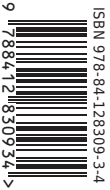
UNE-EN ISO 14001:2015 Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. (ISO 14001:2015)

UNE-EN ISO 14006:2020 Sistemas de gestión ambiental. Directrices para incorporar el ecodiseño. (ISO 14006:2020)

“No hay nada como un sueño para crear el futuro”

Víctor Hugo

D.L. BA-000081-2024



GUÍA DE PRODUCTOS DE MADERA PARA UNA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE



Proyecto cofinanciado con la
Contribución del Programa LIFE
de la Unión Europea

Project co-funded with the
contribution of the LIFE Programme
of the European Union



UNIVERSIDAD
DE
CÓRDOBA

