



**LIFE
EcoTimberCell**

Webinario EcoTimberCell
Bloque II: Madera frente
al cambio climático

**Construcción con madera y
sostenibilidad**

Miguel Esteban, Universidad Politécnica de Madrid

20 de octubre de 2021 / Online

Logos: USC, PEMADE, EcoTimberCell, sedata, ITeC, CETEMAS

Construcción con Madera

Sostenibilidad



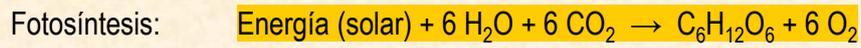
Universidad Politécnica de Madrid
Departamento de Ingeniería y Gestión Forestal y Ambiental
ETS de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural
Unidad docente de Cálculo de estructuras

Ramón Argüelles Álvarez
Francisco Arriaga Martitegui
Miguel Esteban Herrero
Guillermo Íñiguez González

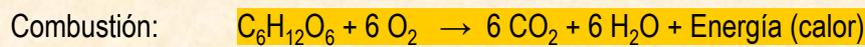
ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural, UPM - 2021

Proceso de fotosíntesis

El crecimiento del bosque está basado en la transformación del dióxido de carbono de la atmósfera en polisacáridos asimilables por la célula vegetal. Este proceso, denominado fotosíntesis, convierte el CO₂ y el agua en azúcares y devuelve oxígeno a la atmósfera



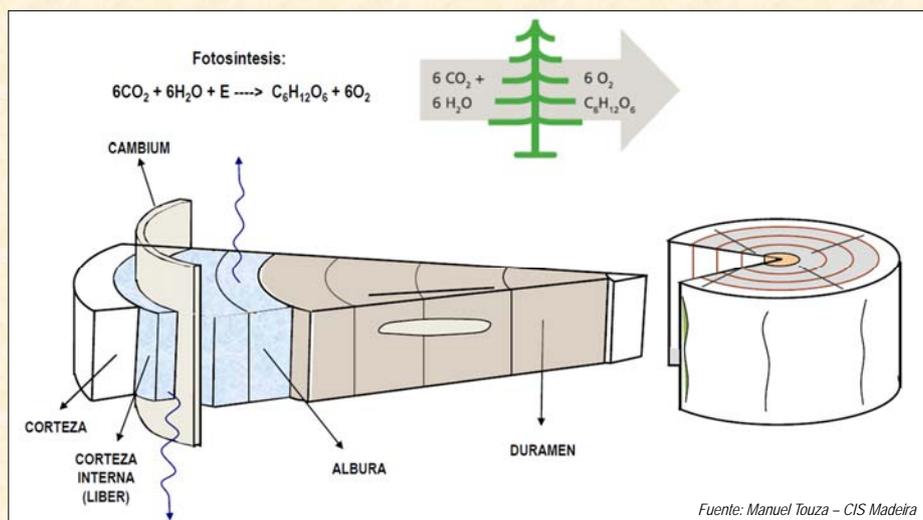
En el proceso de degradación se invierte el sistema y el oxígeno del aire se combina con el carbono para obtener CO₂ y energía, y esta degradación se alcanza mediante el fuego o por descomposición.



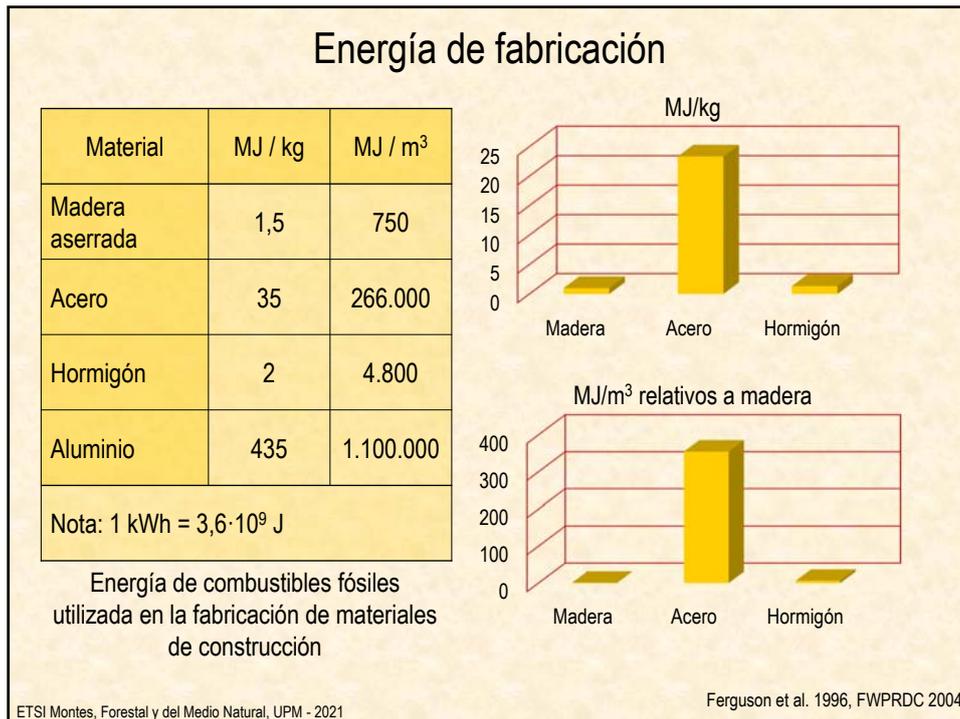
El calentamiento global de la atmósfera se produce como consecuencia del incremento de determinados gases debidos a la actividad humana. El gas que presenta un efecto más relevante por su mayor presencia cuantitativamente es el dióxido de carbono.

ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural, UPM - 2021

Proceso de fotosíntesis



ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural, UPM - 2021



Energía de fabricación

Material	Energía necesaria para fabricar 1 t Julios · 10 ⁹	Toneladas de petróleo equivalentes
Acero	60	1,5
Titanio	800	20
Aluminio	250	6
Vidrio	24	0,6
Ladrillo	6	0,15
Hormigón	4	0,10
Compuestos de fibra de carbono	4.000	100
Madera (Abeto)	1	0,0025
Poliétileno	45	1,10

ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural, UPM - 2021

Emisiones de CO₂

Material	CO ₂ emitido		CO ₂ almacenado
	kg/t	kg/m ³	kg/m ³
Madera aserrada	30	15	250
Acero	700	5.320	0
Hormigón	50	120	0
Aluminio	8.700	22.000	0

Dióxido de carbono emitido y almacenado durante el proceso de fabricación.

Criterios no siempre comunes:

- Fuente de energía
- CO₂ equivalente
- Completo o no: extracción materias primas, fabricación y transporte

ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural, UPM - 2021

Ferguson et al. 1996, FWPRDC 2004

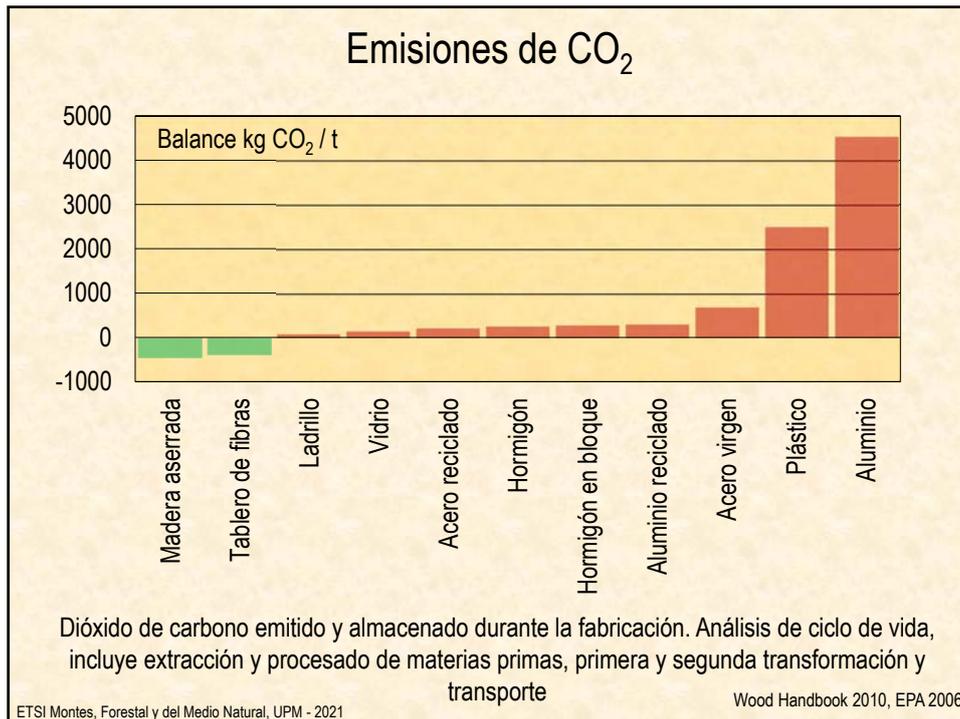
Emisiones de CO₂

Material	Emisiones netas kg CO ₂ /t	Almacenado kg CO ₂ /t
Madera aserrada	33	490
Tablero de fibra DM	60	442
Ladrillo	88	0
Vidrio	154	0
Acero reciclado	220	0
Hormigón	265	0
Hormigón en bloques	291	0
Aluminio reciclado	309	0
Acero (virgen)	694	0
Plástico	2.502	0
Aluminio (virgen)	4.532	0

Dióxido de carbono emitido y almacenado durante la fabricación. Análisis de ciclo de vida, incluye extracción y procesado de materias primas, primera y segunda transformación y transporte

ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural, UPM - 2021

Wood Handbook 2010, EPA 2006



Emisiones de CO₂

Emisiones de CO₂ equivalente por sistema constructivo equivalente

	Madera	Acero	Hormigón
Viga 7,3 m 14,1 kN/m	madera laminada encolada	perfil de acero laminado	hormigón armado
Forjado	tablero OSB 15,5 mm, viguetas de madera aserrada a 600 mm, lana de roca 150 mm y 1 placa de yeso laminado 15,9 mm	tablero OSB 15,5 mm, vigueta de chapa plegada en C, lana de roca 150 mm, perfiles resilientes y yeso laminado 1x15,9 mm	losa de hormigón de 315 mm de espesor de HA-30 con 50% de cenizas volantes y armadura 15M
Muro interior	yeso laminado 2x15,9 mm, montantes de madera aserrada de 38x89/600 mm, 89 mm de fibra de vidrio, perfiles resilientes y 2 placas de yeso laminado	yeso laminado 1x15,9 mm, perfil de chapa plegada en C de 31x92/600 mm, 92 mm de fibra de vidrio, perfiles resilientes y 2 placas de yeso laminado	yeso laminado 1x15,9 mm, bloques de hormigón aligerado de 190 mm de espesor, 25 mm de fibra de vidrio, perfiles resilientes y 1 placa de yeso laminado

ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural, UPM - 2021 Cecobois 2010

Emisiones de CO₂

Emisiones de CO₂ equivalente por sistema constructivo equivalente

	Madera	Acero	Hormigón
Viga	78 kg	513 kg	380 kg
Forjado	25 kg/m ²	40 kg/m ²	106 kg/m ²
Muro interior	15 kg/m ²	18 kg/m ²	50 kg/m ²

Cecobois 2010

ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural, UPM - 2021

Emisiones de CO₂

Emisiones de CO₂ equivalente por sistema constructivo de una superficie comercial de 240 m²

	Acero	Madera	Madera+
kg CO ₂ eq	86.456	66.472	51.400
kg CO ₂ eq / m ²	360	277	214

Nota: las emisiones de la cimentación son comunes para los tres sistemas aproximadamente 24.000 kg CO₂.

Planta de edificación comercial de 240 m² en el que se incluyen las emisiones de dióxido de carbono equivalentes de la cimentación, la estructura, los muros interiores y exteriores y la cubierta.

3 soluciones constructivas:

- Acero: Pórticos de vigas y pilares de acero y muros con entramado ligero de acero.
- Madera: Entramado ligero de madera.
- Madera+: Entramado ligero de madera con productos derivados de la madera.

Cecobois 2010

ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural, UPM - 2021

Selvicultura y Gestión Sostenible de Sistemas Forestales

Primeros Encuentros Científicos del Parque Natural de Peñalara y del Valle de El Pualar

Selvicultura conjunto de prácticas o acciones a ejercer en las masas forestales con el objetivo de obtener de ellas un determinado comportamiento en el sentido que más interese en cada momento: producción de madera, ambiental, recreo, etc.

En España, se viene aplicando la selvicultura de forma generalizada y, más o menos sistemática, desde finales del s. XIX.

Existencias Cantidad de biomasa forestal, fundamentalmente madera.

Posibilidad Estimación, *a priori*, de la cantidad de madera que puede extraerse cada año del monte y, por extensión, en cada uno de los periodos, normalmente de 10 años, transcurridos entre revisión y revisión del plan de ordenación.

ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural, UPM - 2021

Montero, G. y Cañellas, I. 1998

Selvicultura y Gestión Sostenible de Sistemas Forestales

Primeros Encuentros Científicos del Parque Natural de Peñalara y del Valle de El Pualar

Proyecto	Periodo	Nº de árboles, ϕ		Existencias m ³ cc	Posibilidad m ³ cc	Cortas m ³ cc
		10-20 cm	> 20 cm			
Ordenación	1896-1905	-	476.825	258.421	45.527	45.596
1ª revisión	1907-16	-	579.266	290.201	46.755	46.586
2ª revisión	1918-27	-	559.469	298.201	53.091	53.166
3ª revisión	1928-37	-	619.251	311.670	58.750	58.760
4ª revisión	1938-47	-	x 1,6	x 2	65.749	x 2,6
5ª revisión	1948-57	478.386	664.294	377.036	71.418	76.969
6ª revisión	1958-67	476.080	718.412	449.540	90.092	109.008
7ª revisión	1968-77	x 2	722.676	494.736	112.928	111.859
8ª revisión	1979-88	774.134	736.532	508.057	115.541	110.655
9ª revisión	1989-98	925.109	743.752	515.140	135.183	680.285
Total					659.791	680.285

Evolución del número de pies, existencia, posibilidad y aprovechamientos en el Monte Pinar de Navafría, Segovia. Pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) 2.760 ha total, 2.505 ha pobladas. 100 años de selvicultura clásica o racionalista. Se han aprovechado 680.285 m³ c.c. Equivale a 2,6 veces la cantidad existente al inicio, 258.421 m³ c.c.

ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural, UPM - 2021

Montero, G. y Cañellas, I. 1998

Eficacia estructural

Material	E N/mm ²	ρ kg/m ³	10 ³ · E / ρ		
			Viga	Columna	Panel
Acero	210.000	7.850	26.752	58	8
Fibra de carbono	200.000	2.000	100.000	224	29
Titanio	120.000	4.500	26.667	77	11
Aluminio	73.000	2.800	26.071	96	15
Ladrillo	21.000	3.000	7.000	48	9
Hormigón	15.000	2.500	6.000	49	10
Madera microlaminada C40	14.000	480	29.167	247	50
Madera aserrada C24					
Madera microlaminada C40	9.400	400	23.500	242	53
Madera aserrada C24					
Madera aserrada C24	7.400	350	21.143	246	56

Módulo de elasticidad (E) y densidad (ρ) de materiales y eficiencia estructural como viga en flexión (Estados Límite de Servicio, valores medios) y como columna o panel a compresión con pandeo (Estados Límite Últimos, valores característicos). (Gordon, J.E., 1974, Estructuras o por qué las cosas no se caen. Adaptado y ampliado por Grupo de Investigación Construcción con Madera, Universidad Politécnica de Madrid, 2018)

Gordon, J.E., 1974

ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural, UPM - 2021

