

MADERA LAMINADA ENCOLADA

DEFINICIÓN

Son elementos estructurales formados por el encolado de láminas de madera con la dirección de la fibra básicamente paralela. El espesor de láminas oscila habitualmente entre 20 mm de mínimo y 45 mm de máximo, siendo frecuentes espesores de 38 mm. El número de láminas será en general igual o superior a 4. Los materiales que se utilizan para su fabricación son madera maciza estructural, adhesivos estructurales, productos protectores y productos de acabado.

HISTORIA

La historia de este producto refleja la capacidad humana para superar los problemas que surgían a la hora de cubrir grandes luces, utilizando piezas rectas o curvas de madera, así como la optimización de su uso. Aunque es difícil establecer su origen, cuyo punto de inflexión lo marca la aparición de los adhesivos estructurales, existen varias referencias históricas que hay que reseñar. Leonardo Da Vinci.(1452 - 1519), en sus esbozos de ingenios militares, dibujaba la utilización de láminas de madera unidas por cuerdas y herrajes metálicos. El arquitecto Filiberto de l'Orme utilizó tablas de madera recortadas de 1,5 a 2,5 m de longitud y clavadas entre sí en la estructura de madera de del Castillo de Muette (1548). En el siglo XIX el coronel

Francés Emy ideó una solución para la fabricación de formas curvas mediante tablas de madera acopladas de plano en sentido horizontal y trabadas con pasadores metálicos, tochos de madera y bridas metálicas (constituyendo ballestas). Como referencia histórica se destaca la cubierta de madera de la Basílica de Nuestra Señora de la Salud en Patzcuaro - Michoacán - México, de 1872 - 1883 en la que se utilizó esta técnica.

La madera laminada encolada nació al principio del siglo XX cuando Otto Karl Freidrich Hetzer (1846-1911) de Weimar (Alemania) obtuvo su primera patente para este método de construcción. La patente suiza de 1901 se refería a vigas rectas compuestas de varias láminas unidas entre sí con adhesivo. El sistema de Hetzer para la fabricación de madera laminada comenzó a conocerse y en la Exposición Mundial de 1910 en Bruselas recibió dos premios. El primer país donde este producto tuvo un espectacular desarrollo fue Suiza. En 1920 existían más de 200 edificios con viga o arcos de tipo Hetzer.

En Dinamarca la entrada de la madera laminada se produjo como consecuencia del comienzo de su fabricación por H.J. Kornerup-Koch bajo licencia de Hetzer. El ingeniero Guttorm N. Brekke (1885-1980) fue el responsable de la entrada de esta tecnología a Escandinavia.

Max Hanisch fue el responsable de la introducción de la tecnología de la madera laminada en los Estados Unidos de América. Nació en Alemania en 1882 y se graduó en arquitectura e ingeniería en el Koenigliche



Baugewerks Schule en DeutschKrone en 1902. Se asoció con Hetzer en la firma de Weimar en 1906, donde aprendió la tecnología. En 1911 comenzó su propia actividad como proyectista hasta que la Primera Guerra Mundial le interrumpió, desviando su actividad hacia la construcción de fábricas para el Departamento de la Guerra Alemán. Emigró a los Estados Unidos en 1923 con la intención de cooperar con los Hetzer en la promoción de la madera laminada en América, pero no consiguió financiación y se volvió a dedicar a la práctica de la arquitectura y la ingeniería.

En 1934 se constituyó la empresa Unit Structures, Inc. cuya propiedad se repartía al 50 % entre las familias Hanisch y Thompson. Cuando Hannisch propuso por primera vez el empleo de arcos de madera laminada encolada con adhesivos fue ridiculizado. ¿Como iba a ser posible que unas tablas de madera encoladas pudieran resistir cargas y sobre todo como podrían ser capaces de compararse con el acero?. Al principio fue muy difícil para Hanisch convencer a los arquitectos e ingenieros que pudieran tener en cuenta sus arcos para sus proyectos. Poco a poco se fueron familiarizando con los arcos de Unit Structures y su escepticismo comenzó a desaparecer.

En 1936 el arquitecto Edgar A. Stubenrauch proyectó un edificio público para la comunidad de Pittsville, Wis. Para la estructura de la cubierta había previsto arcos de acero, pero fue persuadido por Unit Structures para considerar los arcos de madera laminada como una alternativa. Ambas soluciones fueron analizadas económicamente resultando la de madera con un costo inferior. Se construyó con los arcos de Unit Structures y todavía se encuentra en uso. La madera presenta un mejor comportamiento de resistencia al fuego que el acero, y no requiere añadir los costes de protección que este si necesita. Al considerar estos costes añadidos, el resultado fue más favorable para la madera.

En 1938, Unit Structures fabricó unos arcos que salvaban una luz libre de 120 pies (36,5 m) para una edificación de uso agrícola en Gustavus Adolphus College en St. Peter, Minn. Fue la mayor luz en América en su tiempo. Con el incremento de la actividad en la aviación, las líneas aéreas pensaron en la madera laminada para la construcción de los hangares. Los hangares debían ser cada vez más grandes, debido a que los aviones eran, también, cada vez mayores. Las líneas aéreas de St. Paul's Northwest construyeron un hangar para su base en Fargo, N.D., en 1941. Eran 12

arcos con una luz de 152 pies (46,3 m) y una altura de 35 pies (10,6 m). Esta estructura de Unit Structures, mantuvo el récord de luz durante un periodo corto de tiempo

Poco después de que Estados Unidos entrara en la Segunda Guerra Mundial, el gobierno se dirigió a los fabricantes para saber si estarían dispuestos a suministrar madera laminada encolada para ayudar en el esfuerzo que exigía la guerra. Se estima que se ahorraron 800.000.000 libras (362.880 t) de acero estructural al construir con madera en 1942. Esto sin incluir el ahorro que suponía la construcción con madera laminada encolada. En 1944, A.N. Carter escribió en un artículo de la revista Scientific American, "pocos materiales han jugado un papel más importante o versátil en el programa de construcción de la guerra en América que la madera".

Debido a las restricciones que existían para el acero, la madera constituía una alternativa muy adecuada. A Unit Structures le pidieron que fabricara cerchas de madera aserrada para varias construcciones militares, pero lograron convencer a los planificadores para cambiar a arcos y vigas de madera laminada encolada, con el fin de afianzar su propia expansión.

En la época de la muerte de Max Hanisch, el 24 de junio de 1950, la industria de la madera laminada ya se encontraba afianzada en los Estados Unidos de América. Tenía una base sólida y era ampliamente reconocida como un producto de construcción de primera clase.

En abril de 1952 los fabricantes más importantes de estructuras de madera, tanto de laminada como de aserrada, unieron sus fuerzas y crearon el American Institute of Timber Construction (AITC). Esta Asociación Nacional Técnica fue creada para normalizar la industria y para su promoción. Uno de los objetivos en los que hacían mayores esfuerzos era convencer a las autoridades relacionadas con la construcción y con los seguros, de la inherente resistencia al fuego que posee la construcción con madera de gruesas escuadrías. En 1995 había aproximadamente, 30 fabricantes de madera laminada encolada para estructuras en los Estados Unidos de América, la mayoría de los cuales estaban dentro del AITC.

ELECCIÓN DE ESPECIES

Las especies de madera a emplear en la fabricación



Mercado de Santa Caterina (Barcelona). Arquitectos: EMBT

deben cumplir los siguientes requisitos:

- Disponer de valores de resistencia mecánica estudiados y de una norma o procedimiento de clasificación aceptado. Podrán utilizarse por ejemplo las especies citadas en la norma UNE-EN 386.
- Haber sido utilizadas con éxito en fabricación de madera laminada y/o disponer de estudios favorables sobre su aptitud al encolado con los adhesivos a utilizar.
- Ser adecuadas por durabilidad natural o aptitud al tratamiento protector necesario para la situación en la que vayan a estar instaladas las piezas.

Las especies más utilizadas en Europa son la Picea abies, que vulgarmente se conoce como abeto o falso abeto (para clase de servicio 1 y 2) y el pino silvestre principalmente cuando se requiere un tratamiento en profundidad (para clase de servicio 3) por su aptitud a este tipo de tratamientos.

CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad medio de cada lámina para entrar en fabricación está normalizado y depende de si la madera ha sido tratada o no con un producto protector.

El contenido final de humedad de las piezas suministradas a obra debe ser acorde a la humedad relativa de servicio esperada, siendo recomendables contenidos de humedad de la madera inferiores al 15% para ambientes interiores (clases de servicio 1 y 2) e inferiores al 18% para madera tratada de uso exterior (clase de servicio 3).

ADHESIVOS

Los adhesivos utilizados deben ser capaces de conseguir uniones resistentes y duraderas de tal forma que la integridad de la unión encolada se mantenga a lo largo de la vida prevista de la estructura. Los adhesivos más empleados son los de la policondensación de fenoles o del tipo aminoplásticos y los de poliuretano. El adhesivo se elegirá en función del lugar de ubicación de la pieza y su exposición a la humedad (clases de servicio). Es fundamental que este componente de la madera laminada se adapte a las condi-

ciones de servicio de las piezas para evitar problemas de durabilidad.

DIMENSIONES Y TOLERANCIAS

La longitud y la propia forma de la pieza está limitada por el tamaño de la fábrica y por las limitaciones de transporte. La longitud máxima en pieza recta está en torno a los 36 o 38 m. La anchura y altura envolventes del vehículo de transporte se limitan a unos 4,50 m. Por estas razones, es frecuente que la estructura deba componerse con varias piezas unidas en obra mediante lo que se suele denominar como juntas de transporte.

La madera laminada encolada se fabrica a partir de tablas de madera maciza con formatos y tamaños variables, siendo frecuente el uso de tablas de entre 100 y 220 mm de ancho y grosores oscilando entre 20 mm y 45 mm.

Los valores nominales de anchura, altura y longitud de las piezas se ajustarán a las tolerancias especificadas en la norma UNE-EN 390. Si el contenido de humedad es diferente al de referencia (12 %) las dimensiones deberán corregirse con los coeficientes que indica la norma anteriormente citada.

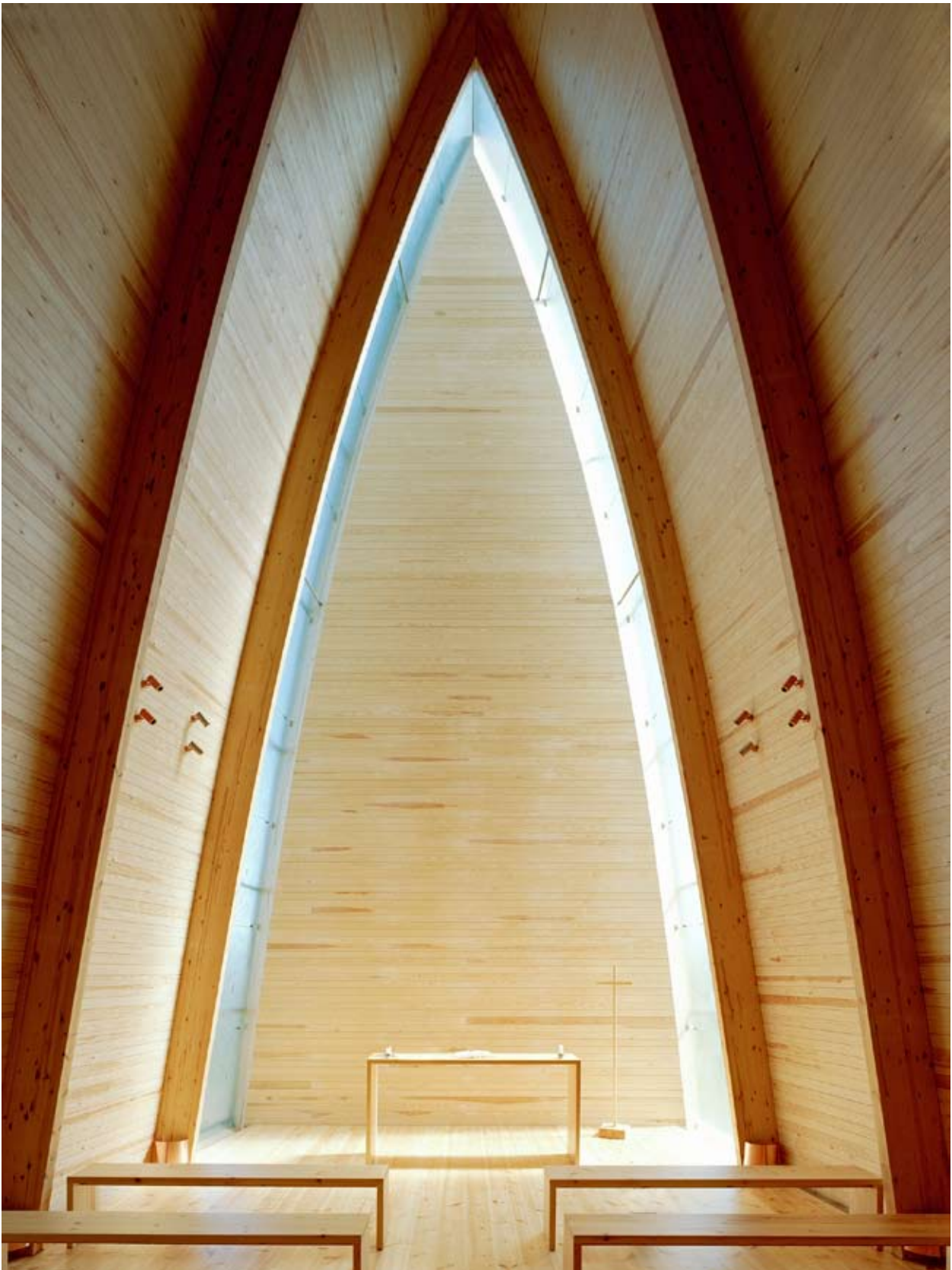
PRESTACIONES | PROPIEDADES

Propiedades mecánicas y clases resistentes

Para la determinación de los valores característicos de resistencia y rigidez de la madera laminada encolada pueden seguirse dos procedimientos:

- mediante ensayos directos (UNE EN 408 y UNE EN 1193)
- mediante expresiones de cálculo, a partir de las propiedades mecánicas de la madera aserrada con la que se forman las láminas (UNE EN 1194)

El sistema de clases resistentes es el definido en la norma UNE EN 1194 que distingue 8 clases resistentes: 4 cuando la composición es homogénea (todas las láminas son de la misma clase resistente) y otras 4 cuando es combinada (las láminas extremas son de una clase resistente superior), que se exponen en la tabla siguiente.



Capilla ecuménica en Turku (Finlandia). Arquitecto: Matti Sanaksenaho

CLASES RESISTENTES	HOMOGENEA				COMBINADA			
	GL 24h	GL 28h	GL 32h	GL 36h	GL 24c	GL 28c	GL 32c	GL 36c
Valores característicos								
N/mm ² (kg/m ³)								
Resistencia flexión	24	28	32	36	24	28	32	36
Resistencia tracción								
- paralela	16,5	19,5	22,5	26	14	16,5	19,5	22,5
- perpendicular	0,4	0,45	0,5	0,6	0,35	0,4	0,45	0,5
Resistencia tracción								
- paralela	24	26,5	29	31	21	24	26,5	29
- perpendicular	2,7	3,0	3,3	3,6	2,4	2,7	3,0	3,3
Resistencia cortante	2,7	3,2	3,8	4,3	2,2	2,7	3,2	3,8
Módulo de elasticidad								
- paralelo	11.600	12.600	13.700	14.700	11.600	12.600	13.700	14.700
- medio	9.400	10.200	11.100	11.900	9.400	10.200	11.100	11.900
- característico	390	420	420	490	390	390	420	460
- perpendicular	720	780	850	910	590	720	780	850
Módulo de cortante								
Densidad - kg/m ³	380	850	430	450	350	380	410	430

Actualmente en el mercado europeo es muy difícil encontrar madera laminada de clase GL32 o superior que se adapte a los requisitos de la norma UNE EN 1194.

Durabilidad | protección de la madera y clases de servicio

La durabilidad de la madera frente los agentes bióticos (hongos e insectos xilófagos) que debe exigirse, dependerá de la clase de uso en la que se encuentre la pieza, definida en la norma UNE EN 335-2; para mayor claridad a la hora de definir el tipo de protección requerida por el elemento estructural se debe ligar a la clase de uso. Para más información consultar bibliografía relacionada con "Cálculo de estructuras de madera" y "Protección de la madera".

Debe tenerse en cuenta, al igual que en el caso de madera aserrada estructural, la clase de uso a la que estará expuesta la madera y por otro lado la durabilidad natural de la especie. Si la durabilidad natural no es adecuada la madera deberá ser tratada con un método apropiado y siguiendo la normativa de protección existente. para lo. En caso de requerirse tratamiento en autoclave la especie de madera debe

ser lo suficientemente impregnable y las láminas deberán tratarse antes del armado de la pieza. Además de la durabilidad de la madera debe tenerse en cuenta la idoneidad del adhesivo a la situación de exposición a la humedad en la que se encontrarán las piezas.

FABRICACIÓN

Los equipos, las condiciones ambientales de fabricación, el proceso de fabricación, y el autocontrol deberán realizarse de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE EN 386. El fabricante deberá estar sometido a un control externo por un organismo imparcial.

En Europa existen otras normas de referencia de ámbito nacional como por ejemplo la DIN 1052. Así mismo existen denominaciones de clase resistente o calidad de ámbito nacional, por este motivo es frecuente encontrar madera laminada de origen alemán o austriaco con las denominaciones BS 11 y BS 14, correspondientes respectivamente a una GL24 y una



Museo del Jurásico en Colunga (Asturias) Arquitecto: Rufino García Uribelarrea. Ingeniería estructura de madera: Diego Núñez Jiménez

GL 28 de la norma UNE EN 1194.

MARCAS DE CALIDAD

Sello de Calidad AITIM para la fabricación de estructuras de madera laminada encolada.

Establece un control externo de cumplimiento del fabricante de las especificaciones de acuerdo con la norma UNE EN 386 "Madera laminada encolada.

Requisitos de fabricación. Especificaciones mínimas de fabricación" y realiza un seguimiento de la actividad productiva mediante visitas a fábrica y ensayos periódicos.

Certificado del Instituto Otto - Graf. (Stuttgart, Alemania)

Controla la certificación de los encolados realizados por fabricantes, de acuerdo a las especificaciones de la norma DIN 1052. Parte 1: "Construcciones de madera. Cálculo y ejecución".

Certificado Acerbois Glulam (Francia)

Certificado otorgado por la entidad francesa Acerbois, en la que participan representantes de la industria y de organismos técnicos independientes. Otorga un certificado de cumplimiento de los requisitos establecidos en el reglamento que regula la marca.

Sello de calidad APA EWS

Certificación del APA AWS American Plywood Association - American Wood System. (Estados Unidos de América) que garantiza que la fabricación es acorde a la norma ANSI A 190.1 y el fabricante está sometido a los sistemas de aseguramiento de la calidad prescritos por la normativa. Establece tres grados de acabado estético: Industrial, Architectural y Premium.

Certificación del AITC, American Institute of Timber Construction. (Estados Unidos de América)

Establece la marca de calidad AITC al fabricante de acuerdo con la American National Standard ANSI/AITC A 190.1-1983. "Structural Glued Laminated Timber", y el Manual de Inspección AITC 200.

MARCADO CE

Este producto está afectado por la Directiva Europea

de Productos de la Construcción. La norma armonizada que regula su marcado CE es la UNE EN 14.080, que entró en vigor de forma voluntaria el 1 de abril de 2006 y de forma obligatoria el 1 de abril de 2010.

SUMINISTRADORES*

EUGEN DECKER Holzindustrie KG

Postfach 45 D- 54493 Morbach D-RPF (Alemania)
Tel. 00 49 6533 730 Fax 00 49 6533 73111
info@hochwald.com

HOLTZA, S.A.

Pol.Industrial Gojain P.B. 16 - 01170 Villarreal de Alava(Alava)
Tel. 945 465 508 Fax 945 465 570
www.holtza.es holtza@holtza.es

ALBURA, EBANISTERIA Y CARPINTERIA TECNICA, S.L.

Tanger, 5 bajo nave C C.P. 28703 S. Sebastián de los Reyes (Madrid)
Tfno. 916 524 107 Fax 916 524 184
www.albura-ect.com info@albura-ect.com

CARAMES SEOANE, S.L.

Lugar de Muruxese s/n Rodeiro. 15386 Oza dos Rios (A Coruña)
Tel. 902 200 380 Fax 981 786 554
www.carames.com carames@carames.com

CONSTRUCCIONS EN FUSTA PALLARS, S.L.

Caballero, 76 2º-2ª 08029 Barcelona
telf. 935 749 027 fax 935 744 452
info@fustesparllars.com www.fustesparllars.com

FARGEOT, S.A.

Via Augusta 42-44 6º 1º 08006 Barcelona
Tel. 932 389 467 609 791 217
arbonis@telefonica.net

FIGUERAS TECNIFUSTA, S.L.

Clossa d'en Llop, 109 C.P. 17130 L'escala - Girona
Tfno. 972 770 066 Fax 972 770 066
www.tecnifusta.com info@tecnifusta.com

FINNFOREST IBERICA, S.L.

De la Mina, 25 1º-1ª - C.P. 08173 S. Cugat del Valles (Barcelona)
Tfno. 936 756 313 Fax 936 756 314
www.finnforest.com david.rifa@finnforest.com



HAAS HOLZPRODUKTE GmbH División Haas Madera
Industriestr. 8 D-84326-Falkenberg
Tel. 49 8727 18 693 fax 49 8727 18 554
www.haas-group.com
susanne.kraut@haas-holzindustrie.com

HASSLACHER NORICA TIMBER
Feistriz, 1 C.P. 9751 Sachsenburg (Austria)
Tfno. 43 664 5021026 Fax 43 4769 2249 12
www.hasslacher.at
info@woodkollnig.com

INGENIUM 21, S.A.
Ctra. Puebla-Morón. 41540 La Puebla de Cazalla (Sevilla)
Tel. 954 846 264 Fax 955 843 427
www.ingenium21.com ingenium21@btlink.net

LADENBURGER
Zur Walkmühle 1-5
73441-BOPFINGEN-AUFHAUSEN (Alemania)
Tef. 649 179 617 Fax 972 506 508
ladenburger.es@gmail.com
www.ladenburger.de

LAMINADOS DEL NOROESTE, S.A. LAMINOR
Polígono a Uceira. 32500 Carballino (Orense)
Tel. 988 275 199 Fax 988 275 225
laminor@laminor.com

MADERAS CUNILL S.A. MACUSA
Polg. Ind. Cantallops, s/n C.P. 08611 Olvan (Barcelona)
Tfno. 938 228 246 Fax 938 250 323
www.macusa.es
macusa@macusa.es

MADERAS GAMIZ, S.A.
Ctra. Vitoria-Estella, nº 2 - C.P. 01110 Santa Cruz de Campezo (Alava)
Tfno. 945 405 425 Fax 945 415 347
www.grupogamiz.com
gamiz@grupogamiz.com

MARQUISA
Muelle Tomás Olabarri 3, 1º izda C.P. 48930 Getxo - Las Arenas (Vizcaya)
Tfno. 944 804 044 Fax 944 804 444
www.marquisa.es marquisa@marquisa.es

MOSSER LEIMHOLZ GMBH
Perwarth 88 C.P. 3263 Randegg (Austria)
Tfno. 43 7487 6271-0 Fax 43 7487 6271450
www.mosser.at office@mosser.at

OTMO HOLZBAU, S.L.
Moliné 9, bajos. 08006 Barcelona
Tel. 932 019 482 Fax 932 019 354
www.otmo.net otmo@otmo.net

PIVETEAU BOIS
La Vallée -BP7 85140 Sainte Florence (Francia)
Tfno. 609 551 308 Fax 0033 251 66 09 28
www.piveteaubois.com
salvador.miralles@piveteau.com

PUERTAS BETANZOS S.L.
Autovía Coruña-Madrid salida Montsalgueiro C.P.
15317 Aranga (La Coruña)
Tfno. 881 062 381 Fax 881 062 379
info@puertasbetanzos.es www.puertasbetanzos.es

SIEROLAM, S.A.
Los Cuetos, s/n C.P. 33188 - Argüelles - Siero (Asturias)
Tfno. 985 742 003 / 985742012 Fax 985 742 350
www.sierolam.com
siero@sierolam.com

SIMONIN Montlebon
25500 Morteau (Francia)
Tel. 00 33 381 670 126 Fax 00 33 381 672 652
simonin.bois@wanadoo.fr www.simonin-bois.com

SOCOTEX, S.L.
Ctra. de Segovia CL 603, km 0,5. Apdo. de correos 164
09400 Aranda de Duero (Burgos)
Tel. 947 512 574 Fax 947 513 440
www.socotex.es

TENIFUSTA INGENIERÍA, S.L.
Glossa d'en Llop nº 109 17130 L'Escala (Gerona)
Tel. 972 770 066-770 220 Fax 972 770 066
www.tecnifusta.com info@tecnifusta.com

YOFRA, S.A.

Ctra. a Elechas s/n. 39792 Gajano. Cantabria

Tel. 942 502 380 Fax 942 503 064

yofra@ceocant.es

ZURTEK S.L.

Ctra. Igorre-Dima, s/n C.P. 48141 Dima (Vizcaya)

Tfno. 946 311 747 Fax 946 315 467

www.zurtek.net

info@zurtek.net

* Socios AITIM