

CLT de Stora Enso

Folleto técnico



Stora Enso

Una buena obra para la humanidad y su planeta

Índice

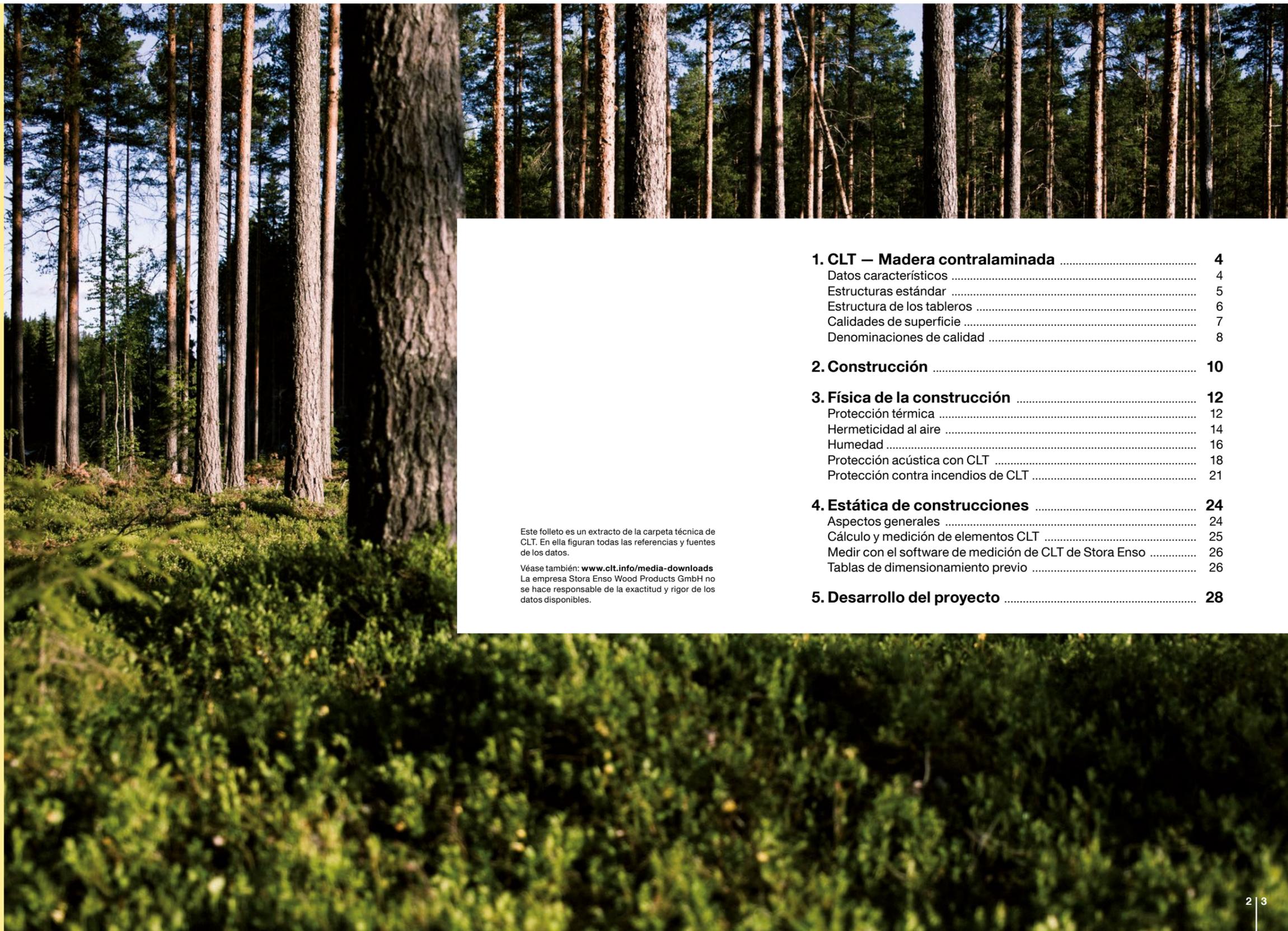
Stora Enso es un proveedor líder de soluciones renovables de packaging, biomateriales, construcciones en madera y papel en mercados de todo el mundo. Nuestro objetivo es sustituir los materiales basados en combustibles fósiles mediante la innovación y el desarrollo de nuevos productos y servicios basados en la madera y otros materiales renovables. Tenemos alrededor de 26 000 empleados en más de 35 países y nuestras ventas en 2015 totalizaron unos 10 000 millones de euros. Las acciones de Stora Enso se cotizan en las bolsas de Helsinki y Estocolmo.

La división Wood Products ofrece soluciones versátiles a base de madera para la construcción. Nuestra gama de productos cubre todas las áreas de la construcción urbana, pues incluye elementos masivos de madera, módulos para viviendas, componentes de madera y pélets. También contamos con una amplia variedad de productos de madera aserrada. Nuestros clientes son principalmente carpinterías y empresas constructoras, comercializadoras o minoristas. Wood Products opera en todo el mundo y tiene más de 20 unidades de producción en toda Europa.

Rethink — la reinención es el lema que guía nuestra evolución e incluye nuestro compromiso de examinar todo del derecho y el revés, siempre con rumbo a lo nuevo.

Nuestros valores fundamentales — asumir el liderazgo y actuar con ética — son el Norte de nuestro avance, allí donde desarrollemos nuestra misión. Nuestros principios tienen siempre que estar en concordancia con las leyes y disposiciones locales, a la vez que contribuyen a aportar beneficios a las personas y las comunidades, trascendiendo la pura acción local.

Nuestro fin social — obrar en pro de la humanidad y el planeta que habitamos — confiere sentido último a todos nuestros esfuerzos. Constituye la razón de ser de la estrategia que elaboramos y ejecutamos con nuestros objetivos económicos, los mercados y otros factores. Expresa la forma en que deseamos mejorar este mundo y la vida de todas las personas que entran en nuestra esfera de actuación por vía de nuestros productos, actividades y cadenas de suministro.



1. CLT — Madera contralaminada	4
Datos característicos	4
Estructuras estándar	5
Estructura de los tableros	6
Calidades de superficie	7
Denominaciones de calidad	8
2. Construcción	10
3. Física de la construcción	12
Protección térmica	12
Hermeticidad al aire	14
Humedad	16
Protección acústica con CLT	18
Protección contra incendios de CLT	21
4. Estática de construcciones	24
Aspectos generales	24
Cálculo y medición de elementos CLT	25
Medir con el software de medición de CLT de Stora Enso	26
Tablas de dimensionamiento previo	26
5. Desarrollo del proyecto	28

Este folleto es un extracto de la carpeta técnica de CLT. En ella figuran todas las referencias y fuentes de los datos.

Véase también: www.clt.info/media-downloads
La empresa Stora Enso Wood Products GmbH no se hace responsable de la exactitud y rigor de los datos disponibles.

1. CLT

Madera contralaminada



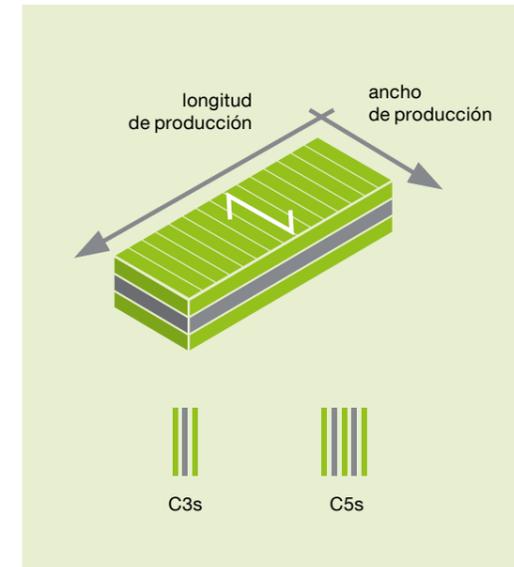
Datos característicos

Aplicación	Principalmente como tableros para tabiques, cubiertas y forjados en edificios residenciales, comerciales y públicos.
Ancho máximo del tablero	2,95 m
Largo máximo del tablero	16,00 m
Grosor máximo del tablero	320 mm
Estructura de las planchas	Al menos tres estratos de tableros monocapa encolados entrecruzados. A partir de cinco capas, el CLT puede tener también capas centrales (transversales) sin encolar por los cantos.
Tipos de madera	Abeto rojo (pino, alerce y abeto común a petición; las capas centrales pueden contener pino).
Tipo de clasificación de la lámina en bruto	C24 (según la homologación puede suponer hasta un 10 % de las láminas de la clasificación C16; otros tipos de clasificación a petición).
Humedad de la madera	12 % ± 2 %
Adhesivo	Adhesivos sin formaldehído para la adherencia por los cantos, empalme dentado y adherencia de superficie.
Calidad óptica	Calidades industrial, industrial visible y visible (decorativa); las superficies siempre están lijadas por las dos caras.
Peso propio	Para la determinación del peso de transporte: aprox. 490 kg/m ³ .
Clase de reacción al fuego	Según la resolución de la Comisión 2003/43/CE: <ul style="list-style-type: none"> • elementos constructivos de madera (excepto suelos) ● EuroclaseD-s2, d0 • suelos ● EuroclaseDfl-s1
Conductividad térmica λ	0,13 W/(mK)
Hermeticidad al aire	Los tableros de CLT se fabrican con al menos tres estratos de tableros monocapa, con lo que presentan una elevada hermeticidad del aire. Se ha comprobado conforme a EN 12 114 la hermeticidad de un tablero de CLT de tres estratos y se ha constatado que los caudales volumétricos se encontraban fuera del rango mensurable.
Clases de uso y aplicabilidad	Según EN 1995-1-1 es utilizable en las clases de uso 1 y 2.

Estructuras estándar de CLT

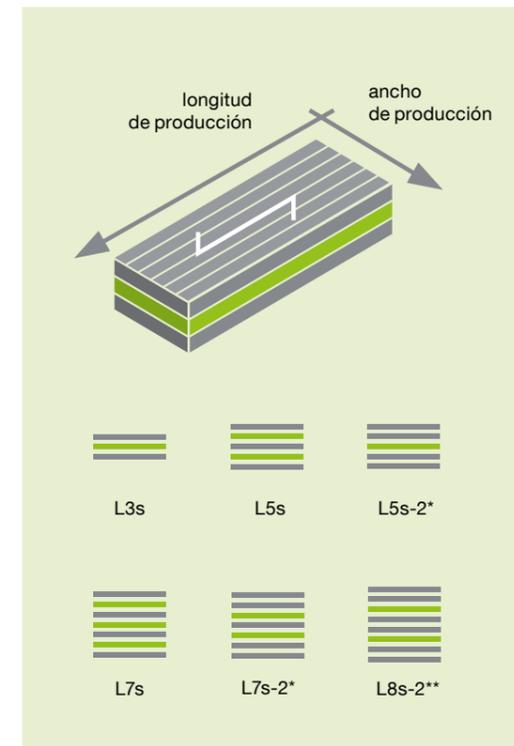
Tableros C
Las fibras de las capas exteriores van siempre en sentido paralelo al ancho de producción.

Grosor [mm]	Tipo de tablero [-]	Capas [-]	Estructura de tablero [mm]							
			C***	L	C***	L	C***	L	C***	L
60	C3s	3	20	20	20					
80	C3s	3	20	40	20					
90	C3s	3	30	30	30					
100	C3s	3	30	40	30					
120	C3s	3	40	40	40					
100	C5s	5	20	20	20	20	20			
120	C5s	5	30	20	20	20	30			
140	C5s	5	40	20	20	20	40			
160	C5s	5	40	20	40	20	40			



Tableros L
Las fibras de las capas exteriores van siempre en sentido perpendicular al ancho de producción.

Grosor [mm]	Tipo de tablero [-]	Capas [-]	Estructura de tablero [mm]								
			L	C	L	C	L	C	L	C	L
60	L3s	3	20	20	20						
80	L3s	3	20	40	20						
90	L3s	3	30	30	30						
100	L3s	3	30	40	30						
120	L3s	3	40	40	40						
100	L5s	5	20	20	20	20	20				
120	L5s	5	30	20	20	20	30				
140	L5s	5	40	20	20	20	40				
160	L5s	5	40	20	40	20	40				
180	L5s	5	40	30	40	30	40				
200	L5s	5	40	40	40	40	40				
160	L5s-2*	5	60	40	60						
180	L7s	7	30	20	30	20	30	20	30		
200	L7s	7	20	40	20	40	20	40	20		
240	L7s	7	30	40	30	40	30	40	30		
220	L7s-2*	7	60	30	40	30	60				
240	L7s-2*	7	80	20	40	20	80				
260	L7s-2*	7	80	30	40	30	80				
280	L7s-2*	7	80	40	40	40	80				
300	L8s-2**	8	80	30	80	30	80				
320	L8s-2**	8	80	40	80	40	80				



* Las capas exteriores están formadas por dos longitudinales.

** Las capas exteriores y la interior están formadas por dos longitudinales.

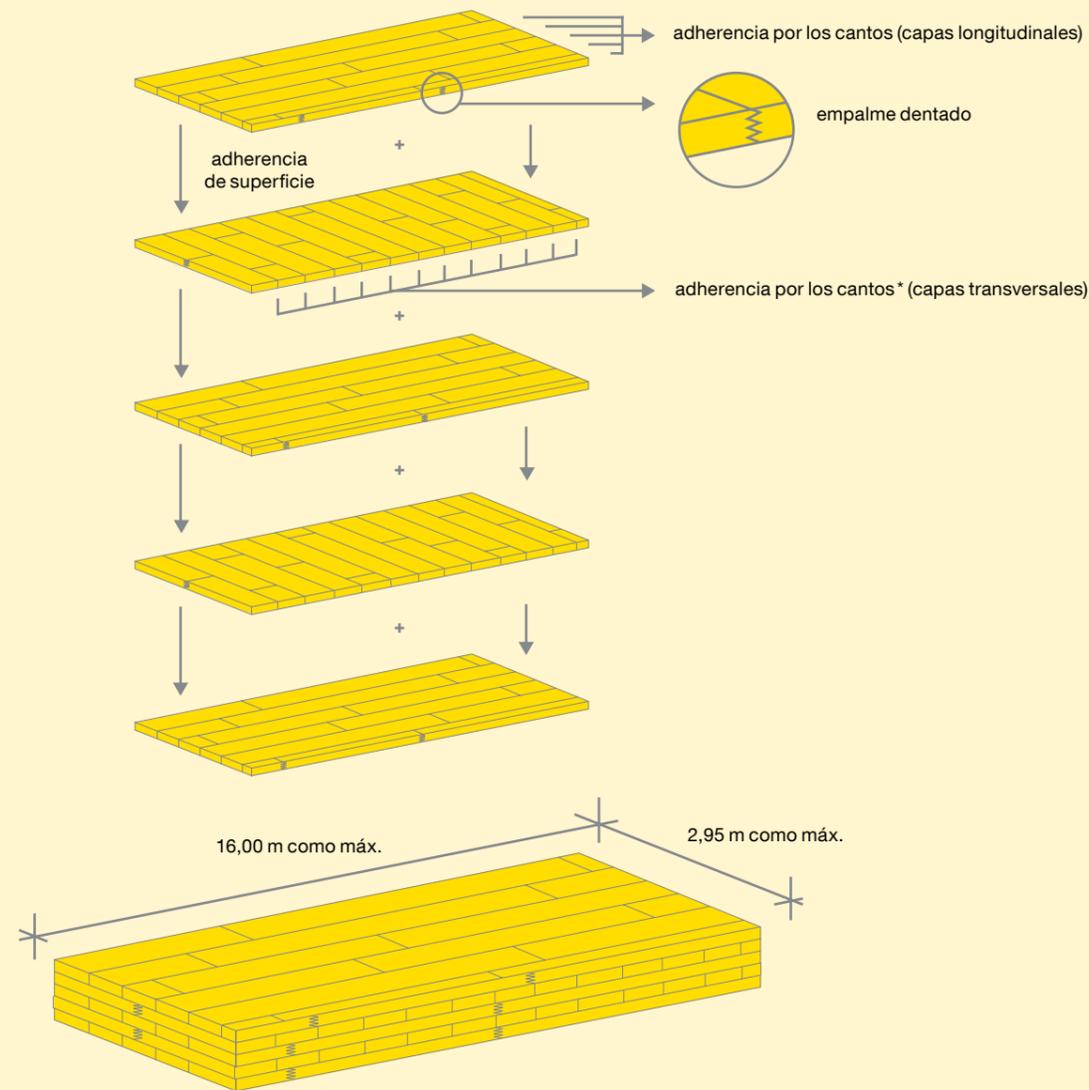
*** En los tableros C la dirección del lijado es transversal con respecto a la fibra.

Anchos de producción: 245 cm, 275 cm, 295 cm
Longitudes de producción: desde 8,00 m, la longitud mínima de producción, por cada ancho de cálculo hasta 16,00 m como máx. graduación en pasos de 10 cm

Estructura de los tableros

La estructura de la madera contralaminada se compone de al menos tres estratos de tableros monocapa encolados entrecruzados. A partir de cinco capas, el CLT puede tener también capas centrales (transversales) sin encolar por los cantos. Actualmente se puede producir un tamaño máximo de 2,95 × 16,00 m.

Ejemplo:
Estructura de un tablero de madera contralaminada de 5 capas



* A partir de cinco capas, también se pueden procesar capas centrales (transversales) sin encolar por los cantos.

Calidades de superficie

Calidad exterior de los tableros CLT

Clasificación del aspecto de la calidad exterior con respecto a las propiedades del producto

Características	VI	IVI	NVI
Forma de adherencia	se admiten juntas abiertas esporádicas de hasta 1 mm de ancho	se admiten juntas abiertas esporádicas de hasta 2 mm de ancho	se admiten juntas abiertas esporádicas de hasta 3 mm de ancho
Azulado	no se permite	se permite una ligera decoloración	permitido
Decoloraciones (tonos marrones...)	no se permite	no se permite	permitido
Bolsas de resina	sin acumulaciones, 5 × 50 mm como máx.	10 × 90 mm como máx.	permitido
Entrecasco	permitido esporádicamente	permitido esporádicamente	permitido
Fendas de secado	se permiten grietas superficiales diseminadas	permitido	permitido
Médula	admisibles esporádicamente hasta 40 cm de longitud	permitido	permitido
Ataque por insectos	no se permite	no se permite	se permiten agujeros pequeños diseminados de hasta 2 mm
Nudos sanos	permitido	permitido	permitido
Nudos negros	∅ 1,5 cm como máx.	∅ 3 cm como máx.	permitido
Nudos caídos	∅ 1 cm como máx.	∅ 2 cm como máx.	permitido
Gemas	no se permite	no se permite	2 × 50 cm como máx.
Superficie	lijada 100 %	lijada 100 %	áspera en 10 % como máx. de la superficie
Calidad del tratamiento de la superficie	permitidos pequeños defectos esporádicos	permitidos defectos esporádicos	permitidos defectos esporádicos
Calidad de la adherencia de los cantos y de las testas	permitidos pequeños defectos esporádicos	permitidos defectos esporádicos	permitidos defectos esporádicos
Bisel en los tableros en L	sí	sí	no
Repasar los bordes de corte con papel de lija	sí	no	no
Corte preparatorio con sierra de cadena	no se permite	permitido	permitido
Anchura de las láminas	≤ 130 mm	230 mm como máx.	230 mm como máx.
Humedad de la madera	11 % como máx.	15 % como máx.	15 % como máx.
Mezcla de maderas	no se permite	no se permite	en el abeto rojo están permitidos el abeto y el pino
Embellecimiento de la superficie con tacos, listones...	permitido	permitido	permitido
En los tableros C la dirección del lijado es transversal con respecto a la fibra	permitido	permitido	permitido



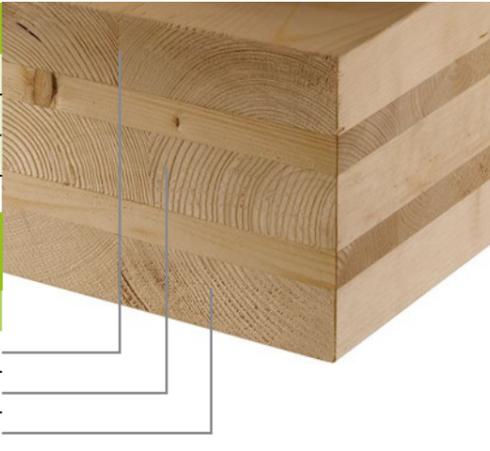
Denominaciones de calidad

Stora Enso ofrece las superficies de CLT en tres calidades diferentes

NVI	calidad industrial
IVI	calidad industrial visible
VI	calidad visible (decorativa)

Las calidades CLT disponibles en Stora Enso están compuestas por tres calidades de superficie diferentes

Denominación	NVI	VI	BVI	INV	IBI	IVI
Capa superior	NVI	VI	VI	IVI	IVI	VI
Capa central	NVI	NVI	NVI	NVI	NVI	NVI
Capa superior	NVI	NVI	VI	NVI	IVI	IVI



Cuatro nuevas superficies especiales

Con el fin de ampliar las posibilidades de selección de maderas, la madera contralaminada CLT de Stora Enso se comercializa ahora también con superficies especiales de pino, alerce, abeto común y cembro. Estas maderas se aplican como capa especial de 20 mm en calidad visible.

CLT Pino	
CLT Alerce	
CLT Abeto común	
CLT Cembro	



2. Construcción

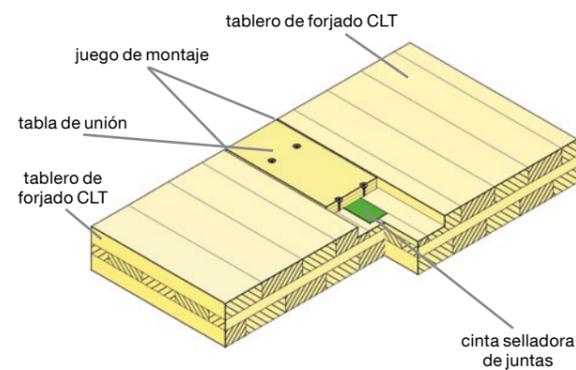
Los elementos de CLT tienen un amplio ámbito de aplicación. Cuando se utilizan, por ejemplo, en paredes exteriores, interiores y divisorias, los componentes de CLT adoptan, a causa de su estructura encolada en cruz, tanto una función portante como de refuerzo en el edificio.

El alto grado de prefabricación y el consiguiente tiempo reducido de montaje suponen una gran ventaja, sobre todo al aplicarse como elementos de cubierta, debido a la rápida impermeabilidad a la lluvia en los edificios. Ejecutar de forma económica cubiertas y forjados con vanos habituales o cumplir con los requisitos de la física constructiva

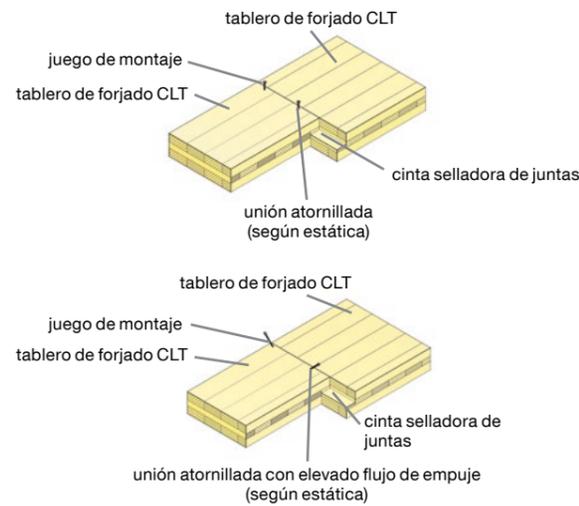
no constituye ningún obstáculo. Todo ello se puede conseguir sin problemas con estructuras de componentes seleccionadas correctamente. Las posibilidades de combinación de CLT con otros materiales de construcción son casi ilimitadas.

Ejemplos de detalles constructivos y estructuras de los componentes

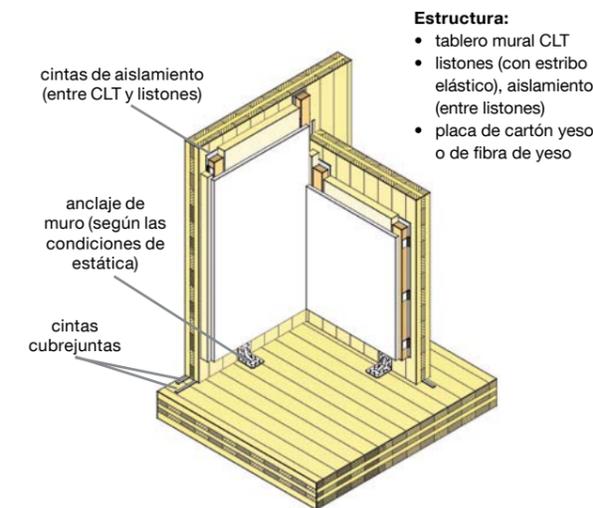
Forjado
Unión de forjado (tabla de unión)



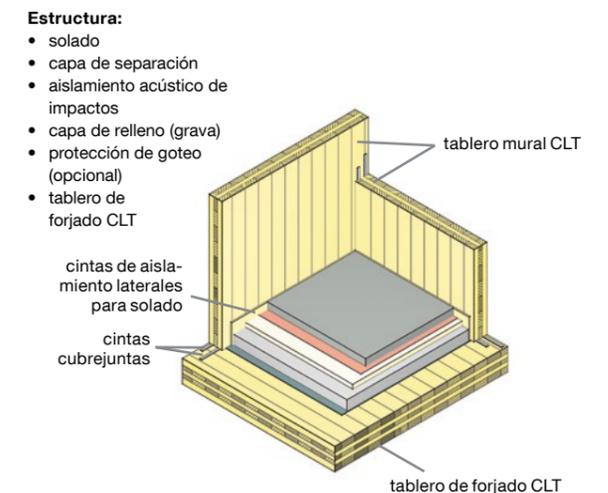
Forjado
Unión de forjado (media madera)



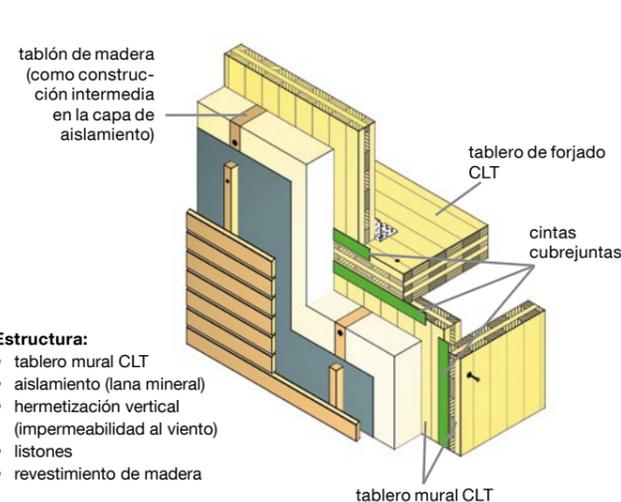
Pared interior
Cubierta adicional (estribo elástico)



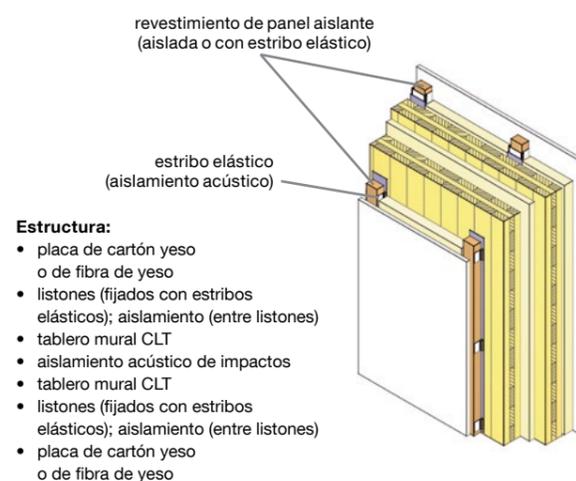
Estructura del pavimento
Solado húmedo



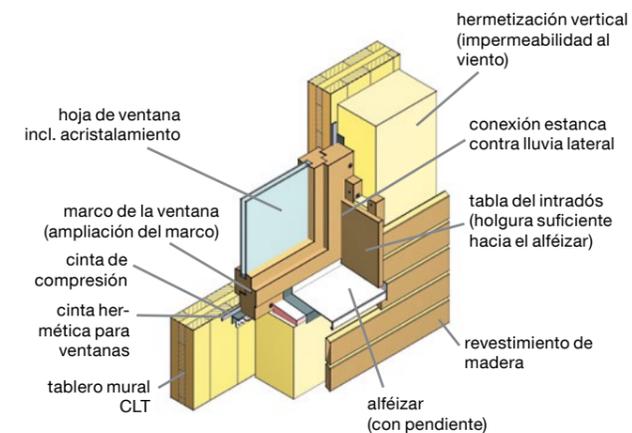
Pared exterior
Aislamiento con lana mineral



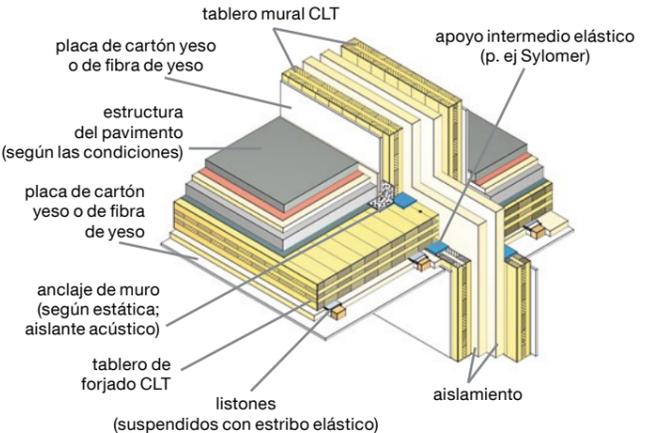
Tabique divisorio interior
Sistema con disposición de CLT en dos capas



Encuentro de ventana
Montaje mediante cinta de compresión



Edificios de viviendas de varios pisos
Muro piso bajo – forjado – muro piso alto



3. Física de la construcción

Protección térmica



Factores y principios de la protección térmica en invierno

- evitar lugares expuestos
- seleccionar una construcción compacta
- orientación apropiada del edificio teniendo en cuenta las superficies de las ventanas
- aislamiento adecuado del exterior del edificio
- evitar puentes térmicos
- hermeticidad adecuada del exterior del edificio
- grado de transmisión de energía y sombreado de los componentes externos transparentes
- superficie total, orientación y ángulo de inclinación de los componentes externos transparentes
- propiedades de aislamiento térmico de los componentes externos opacos
- cargas internas de temperatura (personas, aparatos eléctricos, etc.)
- plano de planta o geometría del espacio
- ventilación de espacios interiores
- capacidad de acumulación térmica de los componentes que delimitan espacios

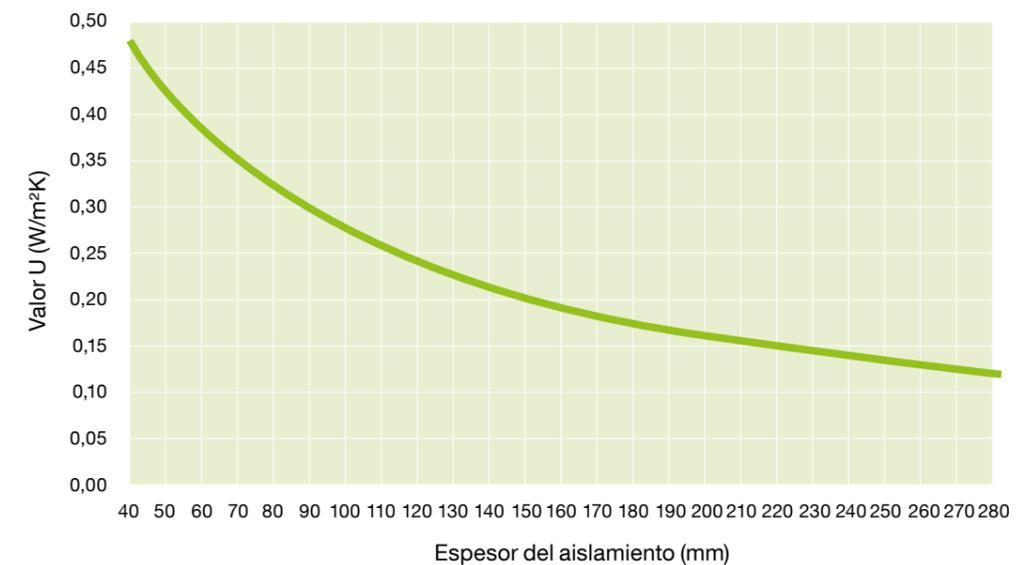
Protección térmica con CLT

La protección térmica de un elemento constructivo viene determinada por su valor U, el denominado coeficiente de paso del calor. Para poder calcular este valor hay que conocer la situación en el edificio, la estructura, así como la conductividad térmica de los diferentes materiales y sus dimensiones. La conductividad térmica de la madera viene determinada básicamente por su densidad bruta y su humedad y para CLT se puede tomar un valor $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$.

La siguiente figura muestra un diagrama en el que los valores U de los tableros aislados de CLT de 100 mm de espesor están puestos en relación con el espesor del material aislante (con el grupo de conductividad térmica WLG 040).

Valor U de CLT 100 mm

Con espesor de aislamiento variable



Introducción

La noción de protección térmica de edificios abarca todas las medidas utilizadas para minimizar la demanda de calefacción¹ durante los meses de invierno y la demanda de refrigeración² durante los meses de verano. Así, con la protección térmica se intenta mantener el consumo de ener-

gía al mínimo posible, teniendo en cuenta la funcionalidad y las propiedades de aislamiento térmico de los componentes, al tiempo que se garantiza bienestar y se crea un ambiente agradable.

1) Cantidad de calor que necesita un edificio durante un año para mantener una temperatura ambiente mínima.
2) Cantidad de calor que debe emitir un edificio durante un año para no exceder la temperatura ambiente máxima.

Hermeticidad al aire

La hermeticidad al aire y al viento del exterior del edificio son requisitos esenciales para el correcto funcionamiento de dicho edificio. Una capa hermética al aire en la parte interna del edificio impide que penetre aire húmedo y, en consecuencia, la aparición de condensación en los componentes. Esto influye en el equilibrio térmico y de humedad y, por ello, en el balance energético del edificio y es determinante para la calidad y durabilidad de la construcción.

La falta de hermeticidad al aire puede provocar una circulación del aire del interior hacia el exterior.

La hermeticidad al viento de un edificio es igual de importante que la hermeticidad al aire. La capa hermética al viento del exterior de un edificio impide que penetre aire exterior en los componentes. Con ello se protege la capa aislante térmica y no se perjudican las características aislantes de los componentes. Generalmente, la impermeabilidad al viento no la crea el CLT, sino el enlucido en las fachadas revocadas o una superficie abierta a la difusión detrás de la capa de ventilación posterior en las fachadas de madera.

CLT es hermético al aire a partir de tres capas

El organismo austriaco de investigación de la madera Holzforschung Austria ha verificado la hermeticidad al aire del CLT de Stora Enso. Esta verificación de la hermeticidad al aire del CLT se ha llevado a cabo siguiendo la norma ÖNORM EN 12114:2000 y abarca el propio elemento, una ensambladura a media madera y una ensambladura con tabla de unión.

Resultado:

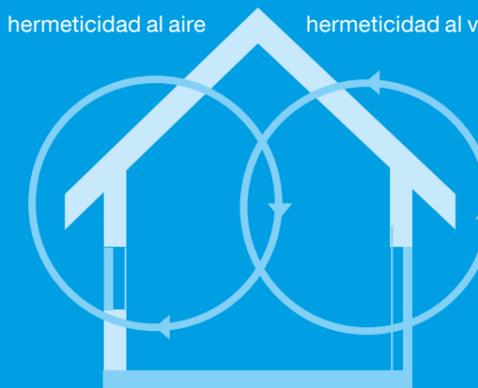
«Las juntas examinadas y el elemento CLT en sí presentan una elevada estanqueidad al aire. Debido a la elevada hermeticidad, no se

encontraron flujos volumétricos mensurables a través de las dos variantes de juntas y por la superficie no interrumpida.»



CLT
es hermético al aire

hermeticidad al aire hermeticidad al viento



CLT se mantiene hermético al aire durante toda su vida útil

A lo largo de su vida útil, el CLT está expuesto a diferentes condiciones de humedad. En función de la calidad de la superficie se produce con una humedad relativa de la madera de $12\% \pm 2\%$.

Durante la fase de construcción se absorbe humedad de la obra, p. ej. por rellenos, solados o revocos y la humedad de la madera aumenta. La fase de vida útil se caracteriza también por oscilaciones de la humedad de la madera según la estación del año. Además, la ventilación de las zonas habitadas durante los meses de invierno puede secar adicionalmente el CLT. Estas oscilaciones del grado de humedad del CLT van unidas a alteraciones de la forma (hinchamiento, contracción) de la madera que en casos extremos se pueden manifestar mediante grietas (demasiado seco) u ondulaciones (demasiado húmedo) en la superficie.

En el laboratorio de física de la construcción de la Universidad Técnica de Graz se ha comprobado que el CLT se mantiene hermético al aire incluso a largo plazo. En un armario de climatización se simuló las oscilaciones habituales de humedad en la madera producidas durante una obra y se comprobó la permeabilidad al aire del CLT en cuatro estados de humedad diferentes.

Se comprobó un elemento de CLT de 3 estratos de 100 mm de grosor en calidad industrial (CLT 100 3s NVI) con unas dimensiones de $2\text{ m} \times 2\text{ m}$, unido verticalmente una vez mediante ensambladura a media madera y una vez mediante tabla de unión.

Humedad

Introducción

La protección contra la humedad tiene como objetivo limitar diferentes efectos de la humedad en las construcciones, de forma que se puedan evitar daños como, por ejemplo, la disminución de la protección térmica, la pérdida de humedad de los materiales de obra, los mohos o la putrefacción. Los efectos más importantes de la humedad son, sobre todo, la formación de agua de condensación, la humedad por las condiciones climatológicas y la humedad ascendente. Además, durante la fase de construcción también se pueden producir contenidos elevados de humedad en materiales de construcción debido a la absorción de la humedad en la obra, por ejemplo por solados o revoques.

Principios técnicos de protección contra la humedad

En relación con la madera o CLT diferenciaremos básicamente tres mecanismos de transporte de la humedad:

- difusión de vapor de agua
- sorción
- conducción capilar

Además de estos mecanismos básicos de transporte de la humedad, en los materiales de construcción de madera también hay que tener en cuenta, en cuestión de protección contra la humedad, los posibles procesos convectivos. La estructura del CLT, compuesta por capas individuales completamente encoladas y entrecruzadas, impide cualquier posibilidad de convección. Sin embargo, en las conexiones, módulos e instalaciones hay que prestar atención a las fugas.

El comportamiento de difusión del CLT

La proporción de adhesivo del CLT varía en función de la estructura de láminas, pero se mantiene inferior al 1%. No obstante, las juntas adhesivas del encolado de superficie poseen un coeficiente de resistencia a la difusión del vapor de agua diferente al de las láminas de madera adyacentes y debe tenerse en cuenta al determinar el valor s_d .

Además, hay que observar que el CLT está sometido a diferentes condiciones de humedad durante su vida útil, en este sentido se puede diferenciar entre la humedad de la producción, la humedad de la obra, la humedad durante los periodos de calefacción y la humedad del verano. Estos diferentes estados de humedad pueden suponer, perfectamente, una modificación en la humedad de la madera de entre el 8% y 14% que influye en el comportamiento de difusión.

Las comprobaciones para determinar la resistencia a la difusión del vapor de agua μ de las juntas adhesivas de los elementos CLT han arrojado los siguientes resultados:

- La resistencia a la difusión del vapor de agua depende de la humedad y la μ de la junta encolada disminuye considerablemente cuando las condiciones de comprobación son más húmedas.
- En caso de clima seco (23 °C y 26,5 % de humedad relativa media del aire) la junta adhesiva del CLT presenta el mismo espesor de capa de aire equivalente a la difusión del vapor que tiene la madera maciza de pino con un espesor de 6 mm \pm 4 mm. En caso de clima húmedo (23 °C y 71,5 % de humedad relativa media del aire) la junta adhesiva presenta el mismo espesor de capa de aire equivalente a la difusión del vapor que tiene la madera maciza de pino con un espesor de 13 mm \pm 6 mm.
- Así, un elemento CLT de 3 estratos (con dos juntas adhesivas planas) tiene en el centro un espesor de capa de aire equivalente a la difusión del vapor correspondiente a una madera maciza de pino del mismo espesor más 12 mm en caso de clima seco y más 26 mm si es húmedo.

Además, en el transcurso de un trabajo de máster en el Instituto Thünen de investigación de la madera de Hamburgo se examinaron muestras de CLT y se determinó su coeficiente de resistencia a la difusión del vapor de agua dependiente de la humedad:

- El coeficiente de resistencia a la difusión del vapor de agua del CLT aumenta más o menos linealmente con el número de juntas adhesivas en función al grosor del elemento, por lo que se determinó un número de juntas adhesivas media por cm de grosor del elemento CLT.
- Teniendo en cuenta este número medio de juntas adhesivas, se determinaron los siguientes coeficientes para diferentes humedades de la madera:

- ▶ 11,3 % de humedad de la madera $\mu = 52 \pm 10$
- ▶ 14,7 % de humedad de la madera $\mu = 33 \pm 7$
- ▶ 8,0 % de humedad de la madera $\mu = \sim 105$ (obtenido por interpolación)

CLT como cierre de vapor de humedad variable

A partir de una estructura de 3 estratos, los elementos CLT son herméticos al aire pero no al vapor. El CLT está abierto a la difusión y las juntas encoladas forman un «cierre de vapor» para la capa de aislamiento exterior. Así, el CLT reacciona como un cierre de vapor de humedad variable. Durante el periodo de calefacción, cuando desciende la humedad del aire del interior, el CLT reduce la capacidad de transportar la humedad y se vuelve más estanco a la difusión. Por el contrario, en los meses de verano aumenta la humedad del aire en el interior y el CLT se vuelve más abierto a la difusión. Esta es una propiedad natural muy práctica de los materiales de construcción de madera, gracias a la cual con CLT se pueden planificar y realizar estructuras de componentes eficaces de forma duradera teniendo en cuenta el principio de construcción de la física constructiva «abierto a la difusión de cara al exterior».

De esta forma, el CLT regula también el aire del interior. En caso de que la humedad del interior sea elevada, el CLT absorbe la humedad y se desprende de ella cuando disminuye la humedad del aire.

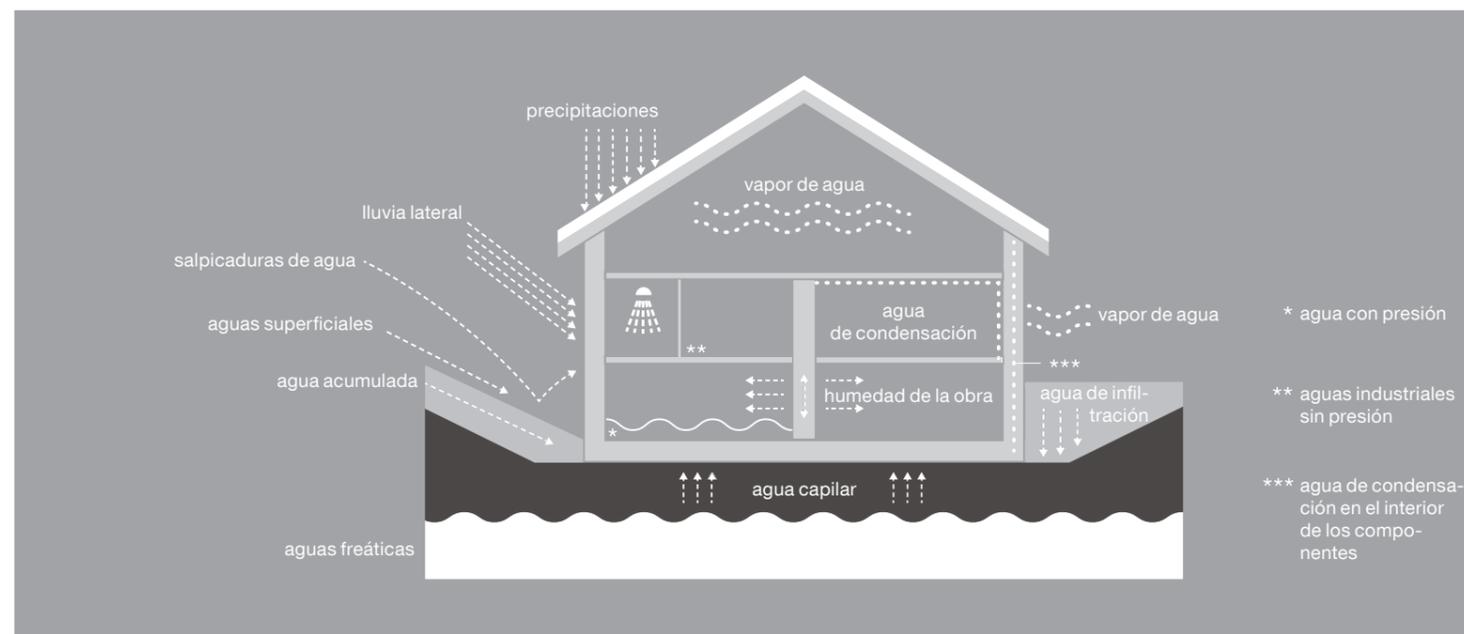
Evaluación de la protección contra la humedad

En el pasado, para evaluar la protección contra la humedad de componentes se seguía principalmente el denominado método Glaser, pero tan solo permite evaluaciones aproxima-

das en lo que respecta a las propiedades relativas a la humedad de los componentes estructurales. El desarrollo de programas de simulación hidrotérmica ha dado como resultado nuevas posibilidades para el cálculo realista y detallado de los procesos hidrotérmicos de almacenamiento y transporte en componentes bajo condiciones climatológicas reales.

Con estos cálculos realistas aumenta la complejidad y el número de los valores característicos necesarios de los materiales de construcción. Los valores característicos necesarios del CLT se han determinado en la Universidad de Hamburgo en el marco del programa de simulación WUFI Pro desarrollado por el Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP). Aparte de todo ello, se llevó a cabo también la primera validación experimental de una simulación hidrométrica para elementos de madera contralaminada y se pudo obtener una buena coincidencia entre los ensayos experimentales de campo y la simulación numérica.

El Fraunhofer Institut pudo evaluar positivamente la plausibilidad de Stora Enso CLT que pasó a formar parte de la base de datos de materiales de WUFI (Calor y humedad no estacionaria). Así, podemos ofrecer a nuestros clientes y proyectistas otra herramienta más de planificación, prometedora y valiosa para las construcciones en CLT y que resultará indispensable especialmente en los casos de grandes cargas de humedad en el interior de edificios o al utilizar componentes de madera en regiones con condiciones climáticas extremas.



Protección acústica con CLT

Introducción

Una buena protección contra ruidos es un factor importante para obtener una sensación de bienestar en un edificio, por este motivo la protección acústica debería tener una relevancia especial al planificarlo. Los requisitos normativos de la protección acústica garantizan que las personas con sensibilidades normales obtengan una protección acústica suficiente del exterior, de otras zonas del interior del propio edificio y de edificios contiguos.

Se define el sonido como la energía cinética mecánica que se propaga mediante fluctuaciones de presión y movimientos moleculares en medios elásticos. El sonido no es el desplazamiento de partículas, sino la transmisión de un impulso. Según la fuente del sonido, en la acústica arquitectónica se distingue entre ruido aéreo y ruido de impacto.

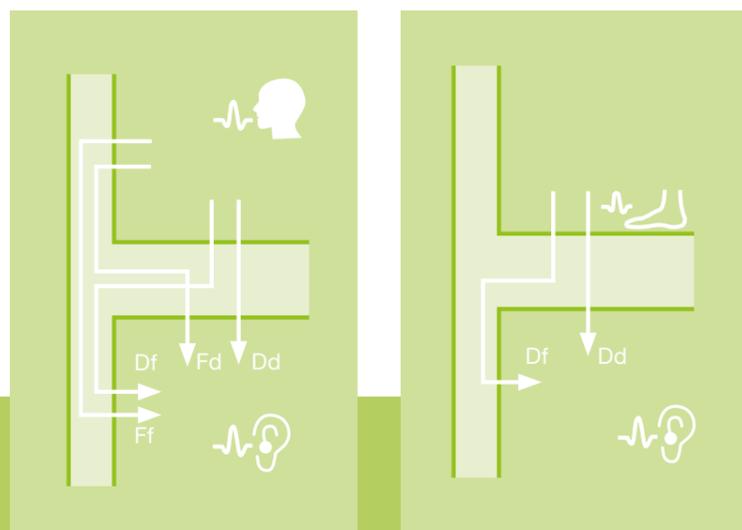
Ruido aéreo: los componentes se estimulan por medio de las ondas sonoras propagadas por el aire y transmiten este estímulo a los espacios contiguos. Fuentes del ruido aéreo son, por ejemplo, el tráfico, el habla o la música.

Ruido de impacto: se transmite a los componentes constructivos, por ejemplo, al caminar, al golpear, al desplazar sillas, etc. y se emite a las zonas contiguas como ruido aéreo. Para la acústica arquitectónica es importante, sobre todo, el ruido de impactos.

Determinación del aislamiento acústico

Para determinar el aislamiento acústico se coloca en un lugar (de un banco de pruebas o de un edificio) un elemento constructivo con una fuente que emitirá un sonido y en otro lugar de recepción se medirá entonces el sonido recibido.

Para mejorar la comparabilidad de los valores calculados en su mayoría en bandas de tercios de octava, a partir de las curvas de medición registradas se crearán valores de un solo número con ayuda de las curvas de valoración normalizadas según EN ISO 717 (parte 1 para el ruido aéreo y parte 2 para el ruido de impactos). Estas curvas de valoración están derivadas de las «curvas de igual volumen» (los tonos con el mismo nivel pero de distinta frecuencia se perciben por el oído humano como si tuvieran un volumen diferente) y por lo tanto tienen en consideración que la sensibilidad del oído humano varía en función de la frecuencia. Se mide una amplia gama de frecuencias (desde 50 Hz hasta 5 000 Hz), pero sólo la gama entre 100 Hz y 3 150 Hz se utiliza para formar valores de un solo número.



F ... flanco estimulado f ... flanco irradiado
D... estimulado directamente d ... irradiado directamente

Vías de transmisión del sonido entre dos espacios

Valor de adaptación espectral

Puesto que a menudo no es suficiente indicar un solo número para describir la mayor o menor intensidad sonora de un componente (diferentes tipos de curva pueden dar como resultado el mismo número), en la EN ISO 717 se han añadido los denominados valores de adaptación espectral, que ya se aplican en algunos países europeos. Mediante estos datos adicionales se tienen en cuenta los espectros típicos de sonido para el hogar.

También se pueden identificar valores de adaptación espectral para radiospectros especiales inferiores a 100 Hz y superiores a 3 150 Hz (p. ej. $C_{50-5000}$ o $C_{tr,50-3150}$).

Transmisión sonora por flancos

La transmisión sonora entre zonas contiguas no se realiza solo a través del componente de separación, sino también a través de componentes complementarios. Por ello se han de tener en consideración no solo los propios componentes de separación sino también los adicionales. En este sentido se aplicará: cuanto mayor sea la calidad del componente de separación, más importante será la participación de la transmisión sonora de los flancos dentro de la transmisión total del sonido. La transmisión sonora por flancos se reduce desacoplando los componentes o colocando cubiertas adicionales flexibles.

Aislamiento acústico de componentes CLT

Estructuras de forjado

Se puede conseguir una mejora de la protección acústica de las construcciones de forjados bien sea aumentando la masa o bien mejorando el desacoplado. Mediante la masa adicional, como carga de forjado bruto o carga de la cubierta inferior, se consigue una menor radiación sonora debido a la reducción del estímulo. La transmisión de la vibración de los componentes se reduce por encima de su frecuencia de resonancia dentro de la construcción. La frecuencia de resonancia (< 80 Hz) se sintonizará al mínimo.

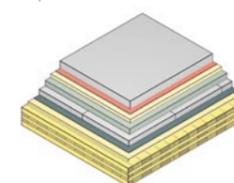
¹⁾ s' = rigidez dinámica (MN/m³)

En la práctica, esto significa: un solado relativamente pesado —5-7 cm de solado de cemento (importante: la cinta de aislamiento lateral no se corta hasta después de colocar el pavimento)— sobre un tablero flexible de aislamiento acústico de impactos ($s' \leq 10$)¹ y debajo masa adicional a modo de relleno de gravilla. Para forjados sin suspensión, se aumentará el grosor de la capa de relleno a aprox. 10 cm y se preferirá relleno suelto a relleno aglomerado debido a su mayor insonorización; el uso de relleno suelto debería comentarse previamente con el solador. Los revestimientos de forjado tienen mayor eficacia como aislamiento acústico cuando se montan desacoplados (sobre estribos oscilantes o agujas flexibles). Para evitar resonancias de cavidad, tampoco se debería prescindir de una amortiguación por cavidad con lana mineral.

Estructuras de forjado

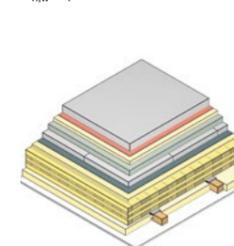
Valores de sonido de mediciones en el laboratorio y en la obra.
Detalles sobre la formación de nudos a petición.

$R_w(C;C_{tr}) = 61 (-1;-5)$ dB
 $L_{n,w}(C) = 41 (1)$ dB



70 mm solado de cemento
0,2 mm película de polietileno
30 mm tablero de aislamiento acústico de impactos
50 mm relleno de gravilla
50 mm losa de pavimentación
0,2 mm protección de goteo
18 mm tablero blando
140 mm Stora Enso CLT

$R_w(C;C_{tr}) = 63 (-2;-5)$ dB
 $L_{n,w}(C) = 36 (3)$ dB



70 mm solado de cemento
0,2 mm película de polietileno
30 mm tablero de aislamiento acústico de impactos
50 mm relleno de gravilla
50 mm losa de pavimentación
0,2 mm protección de goteo
18 mm tablero blando
140 mm Stora Enso CLT
3 mm junta de conexión comprimida
70 mm suspensión, 60 mm de lana mineral entre medio
15 mm placa de cartón yeso

$D_{nt,w}(C;C_{tr}) = 62 (-3;-9)$ dB
 $L'_{nt,w}(C) = 39 (7)$ dB



10 mm moqueta
60 mm solado de cemento
0,2 mm película de polietileno
30 mm tablero de aislamiento acústico de impactos
50 mm relleno de gravilla
0,2 mm protección de goteo
165 mm Stora Enso CLT
70 mm suspensión, 50 mm de lana mineral entre medio
12,5 mm placa de cartón yeso

Protección contra incendios

CLT bajo los efectos de un incendio

El porcentaje de humedad del CLT de Stora Enso ronda el 12 %. Si se expone el CLT a los efectos del fuego y se produce así una alimentación de energía, aumenta su temperatura y el agua contenida empieza a evaporarse a partir de aprox. 100 °C. La descomposición de los compuestos químicos que empieza a tener lugar a partir de 200-300 °C —a través de la desgasificación de los componentes inflamables de la madera se produce una combustión con llama— se denomina pirolisis; prosigue paso a paso y deja tras de sí una zona de carbonización. Esta capa de carbón se produce a partir de los restos de la pirolisis que contienen carbono y que se queman con brasas. Las propiedades de esta capa —en especial el reducido espesor y la elevada permeabilidad— actúan a modo de aislante térmico y protección en relación con la madera intacta del nivel inferior.



Las capas transversales de un elemento CLT de 80 mm de espesor, revestido originalmente con tableros de fibra de yeso cartón, después de un ensayo de incendio a gran escala: se pueden reconocer bien las diferentes capas —la zona de carbonización (de color negro), seguida de la zona de pirolisis (color pardo) y la madera sana y salva— producidas por el avance del fuego o de la pirolisis.

El resultado es un efecto protector de la capa de carbón sobre las capas interiores de CLT que todavía no han sido sometidas al incendio, de forma que —al contrario de lo que ocurre con las construcciones de acero u hormigón— la construcción masiva de madera se carboniza en caso de incendio, pero el proceso de pirolisis y el comportamiento de la madera bajo los efectos del incendio son calculables y predecibles.

A diferencia de lo que ocurre con las construcciones de acero, por ejemplo, que requieren medidas adicionales de protección en caso de incendio, la madera está protegida por naturaleza contra incendios a través de propiedades como la pirolisis y la formación de una capa de carbón. Este material de construcción ecológico ofrece unas propiedades únicas bajo los efectos de un incendio, el resultado es una elevada resistencia al fuego de los elementos CLT.

Para respaldar esta afirmación, el CLT de Stora Enso ha sido verificado por instituciones acreditadas. Los resultados son claros y dan testimonio de la elevada resistencia al fuego de los componentes CLT.

Estructuras de pared

El aislamiento acústico de componentes de una pieza está determinado por su masa superficial y su resistencia a la flexión. Según la ley de masas de Berger, el aislamiento acústico aumenta en 6 dB al duplicar la masa y su punto débil es la frecuencia límite coincidente. En el caso de componentes de varias piezas con cubiertas adicionales se puede conseguir un elevado aislamiento acústico para una masa reducida.

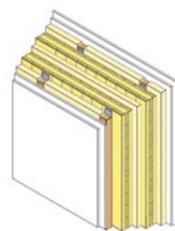
En estos sistemas de masa-resorte, el aislamiento acústico aumenta por debajo de la frecuencia de resonancia f_0 en 6 dB por octava (duplicado de la frecuencia), pero por encima de f_0 en 18 dB por octava. Para conseguir un buen aislamiento acústico hay que ajustar la frecuencia de resonancia lo más bajo posible (≤ 100 Hz). La frecuencia de resonancia se puede reducir ampliando la distancia de los estratos, aumentando la masa, así como conectando la cubierta adicional flexible al muro portante. Para evitar resonancias de cavidad, se insonorizarán las cubiertas adicionales con materiales aislantes fibrosos.

Estructuras de tabique

Valores de sonido de mediciones en el laboratorio y en la obra.

Detalles sobre la formación de nudos a petición.

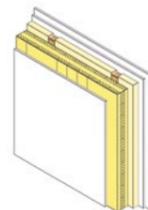
$D_{nt,w}$ (C;C_{tr}): 67 (-1;-4) dB



De dos hojas, cubierta adicional

- 12,5 mm placa de cartón yeso
- 12,5 mm placa de cartón yeso
- 50 mm cubierta adicional en voladizo (perfil CW incl. 50 mm de lana mineral)
- 5 mm cinta intermedia
- 100 mm Stora Enso CLT
- 40 mm lana mineral
- 100 mm Stora Enso CLT
- 5 mm cinta intermedia
- 50 mm cubierta adicional en voladizo incl. 50 mm de lana mineral
- 12,5 mm placa de cartón yeso
- 12,5 mm placa de cartón yeso

$D_{nt,w}$ (C;C_{tr}): 60 (-2;-8) dB



Cubierta adicional de una pieza

- 12,5 mm placa de cartón yeso
- 100 mm Stora Enso CLT
- 5 mm cinta intermedia
- 50 mm cubierta adicional en voladizo (perfil CW incl. 50 mm de lana mineral)
- 12,5 mm placa de cartón yeso
- 12,5 mm placa de cartón yeso

$D_{nt,w}$ (C;C_{tr}): 61 (-3;-10) dB



CLT visible de dos piezas

- 100 mm Stora Enso CLT
- 12,5 mm placa de cartón yeso
- 30 mm lana mineral
- 30 mm lana mineral
- 5 mm capa de aire
- 100 mm Stora Enso CLT

Estructuras CLT de pared exterior

Revestimiento por la cara interior	Espacio técnico	Madera contralaminada		Revestimiento por la cara exterior	Carga de comprobación [kN/m]	Clasificación i↔o
		Denominación	Estructura de láminas [mm]			
panel de yeso (12,5 mm)	—	CLT 100 C3s	30-40-30	placa de construcción ligera de virutas de madera (50 mm), revoque (15 mm)	35	REI 90
panel de yeso (12,5 mm)	—	CLT 100 C3s	30-40-30	lana mineral (80 mm), revoque (4 mm)	35	REI 90
panel de yeso (12,5 mm)	—	CLT 100 C5s	20-20-20-20-20	placa de construcción ligera de virutas de madera (50 mm), revoque (15 mm)	35	REI 90
panel de yeso (12,5 mm)	—	CLT 100 C5s	20-20-20-20-20	lana mineral (80 mm), revoque (4 mm)	35	REI 90
panel de yeso (12,5 mm)	lana mineral (40 mm)	CLT 100 C3s	30-40-30	placa de construcción ligera de virutas de madera (50 mm), revoque (15 mm)	35	REI 90
panel de yeso (12,5 mm)	lana mineral (40 mm)	CLT 100 C3s	30-40-30	lana mineral (80 mm), revoque (4 mm)	35	REI 90

Clasificación de los componentes verificados

Estructuras de pared CLT

Revestimiento	Espacio técnico	Madera contralaminada		Carga de comprobación [kN/m]	Clasificación i↔o
		Denominación	Estructura de láminas [mm]		
—	—	CLT 100 C3s	30-40-30	35	REI 60
—	—	CLT 100 C5s	20-20-20-20-20	35	REI 60
panel de yeso (12,5 mm)	—	CLT 100 C3s	30-40-30	35	REI 90
panel de yeso (12,5 mm)	—	CLT 100 C5s	20-20-20-20-20	35	REI 90
panel de yeso (12,5 mm)	lana mineral (40 mm)	CLT 100 C3s	30-40-30	35	REI 90
Planchas de adobe ProCrea de 35 mm, enfoscado de adobe de 5 mm con malla de refuerzo, revoque de adobe ProCrea de 5 mm	—	CLT 140 C5s	40-20-20-20-40	280	REI 90
panel de yeso (12,5 mm)	lana mineral (40 mm)	CLT 100 C3s	30-40-30	35	REI 120

Clasificación de los componentes verificados

Estructuras de forjado CLT

Revestimiento	Suspensión	Madera contralaminada		Carga de comprobación [kN/m²]	Clasificación i↔o
		Denominación	Estructura de láminas [mm]		
paneles de cartón yeso (12,5 mm; en el lado opuesto al fuego) o estructura del pavimento	—	CLT 100 L3s	30-40-30	0,6	REI 60
—	—	CLT 140 L5s	40-20-20-20-40	5	REI 60
—	—	CLT 160 L5s	40-20-40-20-40	6	REI 90
panel de yeso (12,5 mm)	—	CLT 140 L5s	40-20-20-20-40	5	REI 90
Heraklith EPV (35 mm)	—	CLT 140 L5s	40-20-20-20-40	5	REI 90
panel de yeso (12,5 mm)	lana mineral (40 mm)	CLT 140 L5s	40-20-20-20-40	5	REI 90

Clasificación de los componentes verificados

Verificación de la resistencia al fuego de los elementos CLT en función de las mediciones según EN 1995-1-2:2011 (Eurocódigo 5)

Medición de la capacidad de carga (R) de elementos CLT según EN 1995-1-2:2011

En la medición de la capacidad de carga (R) de componentes de madera sometidos a los efectos del fuego o en la medición de los valores seccionales, aparte de la determinación de la calcinación, también hay que tener en cuenta la zona subyacente influida por la temperatura, ya que las propiedades de resistencia y rigidez de la madera disminuyen a medida que aumenta la temperatura.

Aparte de las posibilidades de medición detalladas en el anexo B de la EN 1995-1-2, la medición de los valores seccionales se puede realizar mediante dos métodos simplificados; de ambos se recomienda el primero:

- método con sección reducida
- método con propiedades reducidas

Medición del cierre de un espacio (E) y del aislamiento térmico (I) de elementos CLT

Para probar el cierre del espacio (E) y el aislamiento térmico (I) existen las siguientes opciones:

- Procedimiento de cálculo según la EN 1995-1-2:2011, anexo E
- Modelo según la ÖNORM B 1995-1-2:2011, 14.3 o bien la directiva técnica europea «Fire safety in timber buildings» o la tesis doctoral de Vanessa Schleifer «Zum Verhalten von raumabschliessenden mehrschichtigen Holzbauteilen im Brandfall» («Sobre el comportamiento en caso de incendio de componentes de madera de varias capas que cierran un espacio»; 2009)
- Las construcciones según la ÖNORM B 1995-1-2:2011 se pueden llevar a cabo sin más comprobación.

La comprobación del cierre del espacio y del aislamiento térmico de elementos CLT se puede efectuar con el modelo indicado en la ÖNORM B 1995-1-2:2011 o en la directiva técnica europea «Fire safety in timber buildings» que sigue el mismo concepto o teoría.

Si se compara este modelo con el procedimiento de cálculo indicado en la EN 1995-1-2:2011, Anexo E, en primer lugar se puede considerar que la posibilidad de variación ilimitada de diferentes materiales y el número de capas suponen una ventaja sustancial.

4. Estática de construcciones

Aspectos generales



Gracias a los tableros de capas encoladas entrecruzadas existe la posibilidad de transferir las cargas en dos direcciones principales, por eso se habla también de tableros tensados de dos ejes. Esta característica estaba reservada hasta ahora a las construcciones de hormigón armado. En la planificación, las ventajas aportadas son un diseño más flexible de los interiores, construcciones más simples y techos en bruto de menor altura. Las construcciones salientes en esquina o de apoyo puntual requieren, ciertamente,

una planificación más compleja, pero se pueden realizar sin problemas. Los tableros de CLT poseen una gran resistencia de carga, porque la anchura portante suele abarcar la anchura total del tablero gracias a las capas transversales. La elevada rigidez intrínseca del CLT tiene un efecto positivo también sobre el arriostramiento del edificio.

Cálculo y medición de elementos de CLT

Cálculo de CLT

La particularidad de calcular elementos de CLT consiste en que las capas transversales presentan uniones flexibles de empuje. Por eso generalmente ya no se puede omitir la flecha por las fuerzas transversales ni el «empuje de rodadura». Han sido desarrollados diversos métodos de cálculo. A continuación vamos a presentar brevemente estos métodos y dar a conocer las publicaciones detalladas. En el cálculo de estática, la madera contralaminada (CLT) no se puede considerar y tratar como si fuera madera maciza ni laminada encolada.

Cálculo según la teoría de la unión

Con ayuda de los «factores de estructura de tableros»

Esta clase de cálculo no tiene en cuenta la flecha debido a las fuerzas transversales y por eso solo es aplicable en condiciones con distancias / espesores de los apoyos mayores (aprox. > 30). Para estructuras simétricas de paneles se aportan fórmulas para calcular la resistencia efectiva a la flexión EI_{ef} para tableros y discos en la carpeta técnica de CLT.

Con ayuda de la adaptación del «coeficiente de corrección de empuje»

Este método permite calcular la flecha de los forjados determinando el coeficiente de corrección de empuje para la estructura seccional correspondiente, siguiendo la teoría de las vigas de Timoshenko. Con programas de vigas de apoyos fijos y móviles que tienen en cuenta la flecha debida a las fuerzas transversales, se puede calcular detalladamente el CLT.

Cálculo según el método γ

Este procedimiento fue desarrollado para calcular las vigas solicitadas de flexión y con unión elástica y se puede utilizar también para CLT. Para los fines perseguidos en una obra es suficientemente preciso y se describe su aplicación en la madera contralaminada.

Este método lo recogen también varias normas de edificación con madera, como p. ej. la DIN 1052-1:1988, DIN 1052:2008, ÖNORM B 4100-2:2003 y la EN 1995-1-1 (Eurocódigo 5).

Cálculo según el método de analogía de empuje

El método de analogía de empuje se describe en la norma DIN 1052-1:2008 apéndice D y se considera un método preciso de calcular madera contralaminada con cualquier tipo de estratificación.

Cálculo de dos ejes de CLT

Con ayuda de emparrillados de vigas

Con los programas de vigas de apoyos fijos y móviles se pueden modelar estructuras bidimensionales.

Con ayuda de programas de elementos finitos

Con los programas de elementos finitos se pueden modelar estructuras bidimensionales.

Cálculo de los medios de unión en CLT

El cálculo de los medios de unión se expone en la homologación Z-9.1-559 para CLT.

Medir con el software de medición de CLT de Stora Enso

Stora Enso pone gratuitamente a disposición en www.clt.info un software de medición para la verificación de componentes CLT corrientes.

Tablas de dimensionamiento previo

Las siguientes tablas de dimensionamiento sirven de ayuda para el dimensionamiento previo, pero no sustituyen un cálculo estructural completo.

Con este software se pueden medir los siguientes elementos:

- forjados y cubiertas planas
- tejados inclinados
- forjados nervados
- discos de pared
- soportes tipo pared
- dinteles sobre ventanas y puertas
- discos de consola
- contrapuntos
- distribución de cargas en paredes rigidizantes



Peso propio (g _n)	Carga útil q _k	Luz entre dos apoyos (viga de un vano)								
		3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m	5,50 m	6,00 m	6,50 m	7,00 m
1,00	1,00		80 L3s	100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	
	2,00	80 L3s	90 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	
	2,80		100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	
	3,50	90 L3s	100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	
	4,00	90 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	
5,00	100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2		
1,50	1,00	80 L3s	90 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	
	2,00	80 L3s	100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	
	2,80	90 L3s	100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	
	3,50	90 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	
	4,00	90 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	
5,00	100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2		
2,00	1,00	80 L3s	100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	
	2,00	80 L3s	100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	
	2,80	90 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	
	3,50	90 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	
	4,00	100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	
5,00	100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2		
2,50	1,00	90 L3s	100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	
	2,00	90 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	
	2,80	100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	
	3,50	100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	
	4,00	120 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	
5,00	120 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2		
3,00	1,00	90 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	
	2,00	100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	
	2,80	100 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	
	3,50	120 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	
	4,00	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2		
5,00	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2			

Deformación de una viga de un vano

Capacidad de carga:

- prueba de las tensiones de flexión
- prueba de las tensiones de empuje

$$k_{mod} = 0,8$$

Aptitud de uso:

- flecha inicial $w_{inst} < L/300$
- flecha final $w_{fin} < L/250$

$$k_{def} = 0,6$$

* El peso propio de CLT ya se tiene en cuenta en la tabla con $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$.

Clase de servicio 1, categoría de carga útil A ($\psi_0 = 0,7; \psi_1 = 0,5; \psi_2 = 0,3$)

Según ETE-140349 (02.10.2014)
EN 1995-1-1 (2014)

R0
R30
R60
R90

Combustión:
HFA 2011
 $\beta_1 = 0,65 \text{ mm/min}$

Peso propio (g _n)	Carga útil q _k	Luz entre dos apoyos (viga de un vano)									
		3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m	5,50 m	6,00 m	6,50 m	7,00 m	
1,00	1,00							200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	
	2,00					160 L5s-2					
	2,80	120 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2					260 L7s-2	
	3,50						200 L5s	220 L7s-2			
	4,00					180 L5s				280 L7s-2	
5,00			140 L5s				220 L7s-2	260 L7s-2			
1,50	1,00									260 L7s-2	
	2,00					160 L5s-2	200 L5s		220 L7s-2	240 L7s-2	
	2,80	120 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2					280 L7s-2	
	3,50						180 L5s				
	4,00							220 L7s-2	240 L7s-2	260 L7s-2	
5,00			140 L5s				200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	300 L8s-2	
2,00	1,00			140 L5s				160 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2
	2,00							180 L5s			
	2,80	120 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2					260 L7s-2	
	3,50							220 L7s-2	240 L7s-2	260 L7s-2	
	4,00			140 L5s				200 L5s			300 L8s-2
5,00									280 L7s-2		
2,50	1,00			140 L5s				160 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2
	2,00							180 L5s			
	2,80	120 L3s	120 L3s	140 L5s	160 L5s-2					260 L7s-2	
	3,50							220 L7s-2	240 L7s-2	260 L7s-2	
	4,00			140 L5s				200 L5s			300 L8s-2
5,00		120 L3s						220 L7s-2	260 L7s-2	320 L8s-2	
3,00	1,00			140 L5s				160 L5s-2	200 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2
	2,00		120 L3s	140 L5s	160 L5s-2					280 L7s-2	
	2,80	120 L3s									300 L8s-2
	3,50										320 L8s-2
	4,00		120 L3s	140 L5s	160 L5s-2	180 L5s	220 L7s-2	240 L7s-2	260 L7s-2	300 L8s-2	
5,00		140 L5s									

Oscilación de una viga de un vano

Capacidad de carga:

- prueba de las tensiones de flexión
- prueba de las tensiones de empuje

$$k_{mod} = 0,8$$

Aptitud de uso:

- flecha inicial $w_{inst} < L/300$
- flecha final $w_{fin} < L/250$
- oscilación
oscilación según ÖNORM B 1995-1-1 (2014) clase de cubierta I
 $\zeta = 4 \%$, 5 cm de solado de cemento ($E = 26000 \text{ N/mm}^2$),
 $b = 1,2 \cdot \ell$

$$k_{def} = 0,6$$

* El peso propio de CLT ya se tiene en cuenta en la tabla con $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$.

Clase de servicio 1, categoría de carga útil A ($\psi_0 = 0,7; \psi_1 = 0,5; \psi_2 = 0,3$)

Según ETE-140349 (02.10.2014)
EN 1995-1-1 (2014)

R0
R30
R60
R90

Combustión:
HFA 2011
 $\beta_1 = 0,65 \text{ mm/min}$

5. Desarrollo del proyecto

Fases del proyecto

Fase de oferta

Con mucho gusto podemos elaborar un presupuesto personalizado si nos entrega la documentación correspondiente. Los puntos importantes de la oferta son básicamente los siguientes:

- cantidades (superficie en neto, superficie en bruto, superficie optimizada o recorte)
- estructura de los elementos
- calidad
- gastos de la mecanización
- gastos de transporte
- productos/prestaciones adicionales

Cuanto más precisa sea la documentación a este respecto, mayor será la exactitud de la oferta. Además, la calidad de la documentación de planificación influye significativamente en la rapidez de elaboración de la oferta. A continuación se ofrece un resumen con evaluación de los formatos de archivo habituales:

- Especificaciones o textos de licitaciones: es muy importante básicamente que se indiquen también las superficies en bruto. El suplemento de recorte necesario depende principalmente de la geometría del edificio y, por lo tanto, de las piezas individuales de CLT derivadas de ello.
- Planos de entrega: basándonos en estos planos elaboramos normalmente un modelo tridimensional sin detalles (avances o procesamientos) para determinar las masas rápidamente. Siempre que sea posible, envíe los planos de entrega como archivo en DWG o DXF. Los archivos en PDF tienen, en general, una calidad peor y requieren más tiempo de procesamiento.

- Modelos en 3D: en muchos casos ya se dispone más o menos de datos tridimensionales detallados. En consecuencia, se pueden elaborar con rapidez las listas de materiales (archivos en XLS o CSV). Si, no obstante, fuera necesario un tratamiento tridimensional posterior para elaborar la oferta, entonces deberían enviarnos los archivos 3D DWG, 3D DXF, SAT (ACIS) y/o IFC correspondientes que se pueden generar con la mayoría de programas CAD.

Lo ideal sería que en la fase de la oferta ya se tuvieran planos de ejecución detallados en archivo en 2D y/o en 3D. De esta forma se pueden minimizar las desviaciones habituales de cantidades y gastos entre la oferta y el presupuesto final.

Puede descargarse gratuitamente un programa de medición preliminar en www.clt.info, para facilitarle los cálculos del grosor de los tableros. Si desea que le ayudemos a la hora de realizar el dimensionamiento previo, debería proporcionarnos los datos siguientes:

- carga útil
- cargas permanentes
- carga de nieve

Fase del pedido

Si Stora Enso hubiera elaborado una oferta para su proyecto, le rogamos que nos la envíe firmada como forma de hacer el pedido. Tomando como base las cantidades de la oferta y el plazo de entrega deseado, se reservará de inmediato la capacidad correspondiente de producción. Debemos disponer de la documentación o los datos definitivos del proyecto al menos 15-16 días laborables antes de la fecha de entrega requerida (en la que el camión salga de nuestras instalaciones). Si no fuera así, el plazo de entrega se retrasará automáticamente al menos una semana.

Para un rápido y correcto procesamiento, la documentación de planificación en 2D o en 3D deberá incluir la siguiente información de forma clara y concisa:

- geometría del componente
- denominación del componente
- sentido de la fibra de las capas exteriores
- grosor de los tableros
- estructura de las planchas
- calidad de la superficie
- lista de componentes con columnas para: denominación del componente, número de unidades, tipo de tablero (p. ej. L3S), calidad (p. ej. INV), grosor, largo, ancho, superficie en neto, volumen en neto

En nuestra página web www.clt.info podrá descargarse un formulario de pedido CLT. También puede utilizar su propio formulario, siempre que en él esté disponible la información requerida de forma clara y comprensible. También se puede utilizar un modelo correspondiente de correo electrónico. Si se trata de un posible primer pedido, entonces recomendamos comentar o probar con nosotros tranquilamente el intercambio de datos CAD ya 4-5 semanas antes del plazo de entrega, para que no se produzcan retrasos innecesarios en la elaboración y procesamiento del encargo. Trabajamos con AutoCAD Architecture y hsbCAD. Los formatos que necesitamos para ello son DWG, DXF, SAT-V7.0 y IFC.

Después de recibir la documentación requerida, el equipo técnico de CLT de Stora Enso comenzará la planificación en fábrica de su proyecto. Entonces, según el tiempo requerido, se le enviará la documentación de control correspondiente que usted deberá controlar y autorizar.

Cuando haya dado su visto bueno, Stora Enso empezará con la producción de su proyecto CLT. Tenga en cuenta que solo se podrán realizar modificaciones hasta un máximo de 12 laborales antes de la fecha de entrega.

Medida de calculación



Ejemplo: 15 900 × 2 950 mm

Medida de calculación: 2,95 × 15,90	46,91 m ²
Superficie de tableros (neto):	38,59 m ²
Desperdicio:	8,32 m ²
Medida de calculación:	46,91 m ²

Longitudes de calculación	8,00 m a 16,00 m (graduación en pasos de 10 cm)
Anchos de calculación	2,45 m, 2,75 m, 2,95 m

Carga y descarga

Carga en horizontal

Un semirremolque estándar puede llevar 25 t como máx. de carga colocada horizontalmente. La longitud máx. de la carga es de 13,60 m y la anchura máx., de 2,95 m. Si la anchura de los tableros lo permite, también se pueden transportar tableros de madera maciza de CLT de 15,00 m de longitud, como máximo, con un semirremolque estándar. Para calcular el peso de carga y descarga se puede asignar una densidad teórica de 490 kg/m³. Por lo general se puede contar con una cantidad de carga y

descarga de aprox. 50 m³. Para un semirremolque de plataforma estándar se puede contar con una altura de carga máxima de 2,60 m.

Si requiere algún equipamiento especial, con mucho gusto se lo podemos ofrecer. Pídanos presupuesto. En tal caso, tenga en cuenta los cambios consiguientes en el largo y ancho máx. de carga, así como en el peso máx. de carga.

Equipamiento estándar	Carga máx.	Largo máx. de carga	Ancho máx. de carga
Semirremolque estándar	25 t	15,00 m	2,95 m

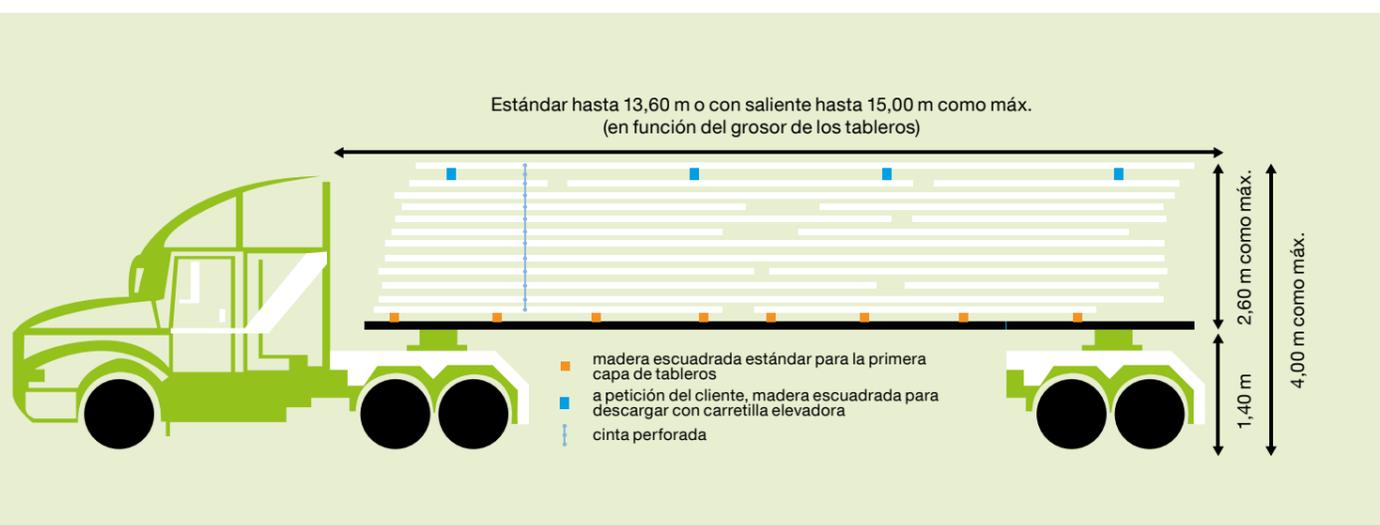
Equipamiento especial	Carga máx.	Largo máx. de carga	Ancho máx. de carga
Semirremolque extensible	24 t	16,00 m	2,95 m
Semi-trailer articulado	20 t	15,00 m	2,95 m
Semi-trailer articulado y con tracción total	Consúltenos	Consúltenos	

Envolveremos los elementos con una película (en el caso de calidad visible, con una película con protección de rayos UV) y a continuación los cubriremos con una lona del camión. Esta medida es necesaria para proteger los tableros de las influencias ambientales. Para proteger los elementos se intercalarán protectores de bordes de cartón entre las correas de amarre y los tableros.

Debajo de la primera capa de tableros que cargamos en el camión colocamos siempre por

lo menos 8 calzos de madera (105 x 105 mm o 95 x 95 mm). Los calzos de madera están provistos de revestimiento antideslizante. Las siguientes capas se superponen directamente tumbadas.

Si fuera necesario colocar maderas intermedias para la descarga con grúa u horquilla, se comunicará durante el pedido (incl. esquema). El transportista se llevará de nuevo esos calzos de madera. Si el cliente desea quedarse con ellos para utilizarlos, le serán facturados.



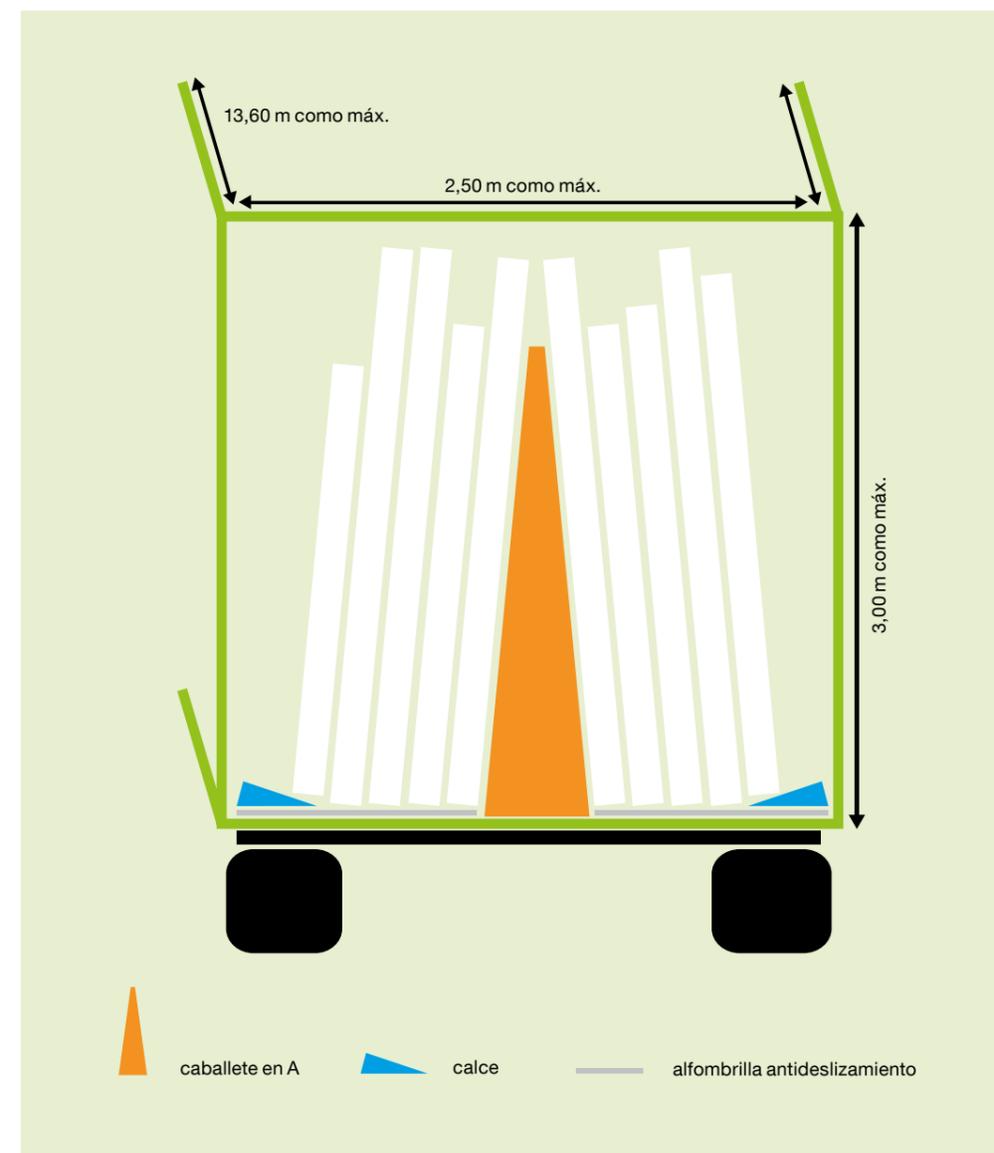
Carga en vertical

Un semirremolque Mega puede llevar como máx. 24 t de carga colocada verticalmente. La longitud máx. de la carga es de 13,60 m y el alto máx., de 3,00 m. Tenga en cuenta que, debido a los caballetes en A, la carga total es menor que en la carga en horizontal (máx. aprox. 45 m³, en función de las dimensiones y el grosor de los tableros).

Para calcular el peso de carga y descarga se puede asignar una densidad teórica de 490 kg/m³. Cualquier semirremolque está equipado al menos con 6 caballetes en A, sobre los que se apoyarán los tableros de madera maciza CLT y, a continuación, se atornillarán entre sí (los lugares de atornillado se marca-

rán en color). Después se unirán de nuevo los tableros entre sí lateralmente a los caballetes mediante correas de amarre y se sujetará firmemente toda la carga una vez más. Además, los tableros descansarán sobre calces que impedirán que resbalen o se caigan. Al igual que en la carga en horizontal, se colocarán protectores de esquinas de cartón entre los cinturones de amarre y los tableros.

Si se tuvieran que cargar en vertical elementos a la vista, se atornillarán a los lados finos con bandas perforadas, para que no se dañen los tableros. Si el cliente no nos devolviera los caballetes en A o los calces, le serán facturados.





Editor y responsable del contenido:
Stora Enso Wood Products GmbH.
Impreso en papel MultiArt Silk de Stora Enso.
Salvo erratas y errores tipográficos.
Edición e impresión: 05/2016.

Stora Enso Division Wood Products

Building Solutions

Correo electrónico: buildingsolutions@storaenso.com

www.storaenso.com

www.clt.info

facebook.com/storaensolvingroom

THE RENEWABLE MATERIALS COMPANY