



**UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA**  
SEDE CONCEPCION REY BALDUINO DE BELGICA  
CONCEPCION

**UNIONES PARA CLT EN EDIFICIOS DE MEDIANA  
ALTURA EN ZONAS SISMICAS**

**MARTIN CASTRO CRUCES**

**2021**

## INDICE

|  |    |
|--|----|
| RESUMEN .....  | 3  |
| OBJETIVO GENERAL.....  | 4  |
| 1. INTRODUCCIÓN.....   | 5  |
| 2. EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA .....   | 6  |
| 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....  | 7  |
| 4. METODOLOGIA .....   | 7  |
| 5. MARCO TEORICO.....  | 8  |
| 6.MARCO NORMATIVO .....  | 9  |
| CAPITULO 1: CARACTERISTICAS DEL MATERIAL CLT.....  | 10 |
| CLT COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.....   | 10 |
| CARACTERISTICAS TERMICAS.....  | 18 |
| MOVIMIENTO RELACIONADO CON LA HUMEDAD .....  | 18 |
| CARACTERISTICAS CONTRA EL FUEGO.....   | 19 |
| TRATAMIENTO SUPERFICIAL.....   | 20 |
| CAPITULO 2: CLASIFICACION DE UNIONES PARA CONSTRUCCION DE MEDIANA ALTURA CON CLT<br>EN ZONAS SISMICAS..... | 21 |
| PLACAS Y SOPORTE METALICO ESTANDAR .....   | 22 |
| JUNTA CON TORNILLOS.....   | 24 |
| ANTECEDENTES CIENTIFICOS .....   | 26 |
| UNIONES PARA MEDIANA ALTURA.....   | 29 |
| CAPITULO 3: ANALISIS DE CRITERIOS CONSTRUCTIVOS EN CLT SOMETIDO A ESFUERZOS SÍSMICOS.<br>.....             | 39 |
| MODELACIÓN EDIFICIO DE 5 PISOS EN CLT .....  | 39 |
| SECUENCIA DE PRUEBA.....   | 43 |
| ANALISIS RESULTADOS OBSERVADOS.....  | 44 |
| CONCLUSIÓN .....   | 46 |

## **RESUMEN**

En Chile la exportación forestal alcanza un promedio anual de USD 3.000 millones. Esto posiciona a Chile dentro de los 10 países más productores de madera. Pero su poco uso logra que la exportación sea mayor que el uso nacional.

El CLT es un material renovable, que captura el CO<sub>2</sub> y tiene grandes prestaciones, su uso adecuado en Chile es en mediana altura, para un buen uso del espacio, pero en Chile no existe normativa que la regule, por lo que no se puede asegurar el buen funcionamiento de una construcción de mediana altura.

Se pretende reunir información sobre métodos de diseño y conectores eficientes para un buen diseño de CLT, en un futuro donde la madera tendrá un gran uso en la siguiente década.

**OBJETIVO GENERAL.**

Determinar consideraciones de diseño y construcción para el uso de CLT en edificios de mediana altura en zonas sísmicas, tendiente a generar un manual técnico.

**OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- 1.-Describir características del material CLT.
- 2.-Clasificar diseños de uniones respecto a la construcción con CLT en edificios de mediana altura en zonas sísmicas.
- 3.- Analizar criterios constructivos en CLT sometido a esfuerzos sísmicos.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Chile es un país forestal. La oferta actual y potencial de productos forestales supera en varias veces la demanda interna, esto se relaciona con un prejuicio de la madera en construcciones.

El aumento de la capacidad productiva es la que explica las cantidades exportadas. Bajo este escenario es que cabe preguntarse, si la madera está considerada como insumo para la construcción en mediana altura, si bien el sector forestal ofrece bastantes productos, no tienen tecnología suficiente para poder trabajar el sistema constructivo CLT de forma industrializada.

Las construcciones de madera han experimentado un renacimiento de la popularidad en los últimos años; esta tendencia positiva está asociada a una combinación de varios factores. En primer lugar, los productos estructurales a base de madera generan menos contaminantes en comparación con los materiales de construcción a base de minerales (por ejemplo, acero y hormigón) porque se obtienen a partir de recursos sostenibles y renovables. En segundo lugar, los elementos estructurales de madera se prefabrican fuera del sitio y se transportan a la ubicación del edificio, donde se ensamblan rápidamente. Finalmente, la alta relación resistencia-peso de la madera es una gran ventaja para las estructuras erigidas en áreas propensas a los sismos, ya que limita la masa total de los edificios.

La madera contralaminada (CLT) se utiliza en gran parte de Japón, USA y Canadá como componentes estructurales en los marcos de edificios de varios pisos, escuelas, guarderías, locales industriales, casas y estructuras especiales. Dado que el CLT es un producto versátil. Su uso actual es principalmente para paredes y estructuras de suelos.

La madera contralaminada tiene excelentes propiedades de resistencia y rigidez, lo que significa que los paneles de CLT pueden competir con otros materiales estructurales más tradicionales en edificios de mediana altura.

En Chile, no existen edificaciones de mediana altura en CLT, ya que, es un material relativamente nuevo por lo que desconocemos de su desempeño en zonas sísmicas como la nuestra. Estudios ayudan a enfocar este material en estas zonas, enfocando pruebas internas para optimizar el desarrollo de conectores, los anclajes y fijaciones.

Este nuevo material estructural da solución al crecimiento urbano y mitigación del calentamiento global. Pero su uso en Chile dependerá de la eficiencia de los conectores, anclajes y fijaciones.

Este trabajo pretende recopilar y analizar las uniones que serían apropiadas en construcciones de mediana altura.

## **2. EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA**

Chile es un país forestal, pero el uso de la madera y el cuidado que tenemos con esta son nulas en comparación a otros países forestales. La exportación actual y potencial de productos forestales supera en varias veces la demanda interna. En construcción vemos que se utiliza madera para tabiquería, moldaje, estacas, viviendas de baja altura, etc. Dejando miles de hectáreas a disposición.

El CLT es un material incipiente, en Chile sus beneficios son desconocidos al igual que su desempeño sísmico en edificaciones de mediana altura. El obstáculo que ha tenido en Chile, y el motivo por el cual no se ha masificado, es que no se dispone en el país de una normativa que permita construir en forma segura con este material, por lo que es necesario usar normativa extranjera para diseño en CLT, la cual en su mayoría enfoca sus diseños en zonas no sísmicas. Este material es rígido con escasa ductilidad, por lo que es imprescindible disponer de fijaciones eficientes, para esto, se requiere diseñar correctamente estas uniones y su ubicación, así obtener un buen comportamiento estructural. Las uniones tienen que ser suficientemente resistentes para evitar el derrumbe parcial o completo de la estructura. Las uniones convencionales para CLT en edificios de mediana altura, no podrían resistir sismos de gran escala como los tiene Chile, por lo que se necesitan recopilar, diseñar y probar más uniones que resistan estos movimientos, impidiendo fallas por fragilidad y el colapso de la estructura.

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La edificación en CLT es un proceso constructivo que presenta grandes ventajas. La reducción de carga gravitacional, la disminución de costos de transporte, la construcción más fácil y rápida, llegando hasta un 50% más rápida que otros materiales. El sitio de construcción es limpio y tranquilo.

La producción de cemento, vidrio y acero son materiales que requieren de altas temperaturas que alcanzan utilizando grandes cantidades de energía proveniente de combustibles fósiles, mientras que la extracción y manufactura de madera consume menos energía. Además, la extracción de madera en Chile puede abastecer la construcción de CLT sin problemas.

Es necesario abordar este tema para implementar la construcción de CLT de forma segura, con buen uso de los conectores, ya que, son estas quienes ayudan a disipar mejor las energías.

De lograr la construcción de mediana altura en CLT, se obtiene una calidad de vida mejor, ya sea, aislación acústica, excelentes prestaciones térmicas, bajos costos, resistencia al fuego, rapidez de ejecución y buen desempeño antisísmico.

El impulso de construcción sustentable, que incorporan el programa Construye 2025 de Corfo, y otros análogos, indican que la madera es un material que tendrá que usarse sí o sí en construcción en Chile.

### **4. METODOLOGIA**

Dentro del estudio de la metodología de trabajo nos enfocaremos en la búsqueda y recolección de información relacionada con diseños y conectores.

Dividiendo este trabajo en búsquedas en base a estudios de casos. Indagaremos en información que proporcionan empresas relevantes en el tema, como informes y ensayos de

ROTHOBLAAS y SIMPSON quienes nos proporcionaras información verídica de sus uniones y trabajos.

Se recopilará información en páginas web, revistas y libros que nos permitan obtener información relevante. Además, se suman entrevistas con actores relevantes en el tema como representantes de la empresa ROTHOBLAAS y CRULAMM. Por último, se recopilará información de uniones, eligiendo las más adecuadas para la construcción de mediana altura en CLT en Chile, con el fin de poder diseñar, mejorando su desempeño mediante la modelación y el ensayo.

## **5. MARCO TEORICO**

En Chile no existen edificaciones de 5 pisos en CLT, en los últimos años, el desarrollo de la industria del contralaminado ha tenido un promisorio ingreso al mercado nacional, sin embargo, este innovador sistema de edificación no se encuentra validado en la normativa de construcción chilena, generando restricciones, por ejemplo, en la regulación de las cargas sísmicas.

En la universidad del Bio-Bio se está construyendo el primer edificio de 5 pisos completamente en CLT, Precisamente, un grupo de expertos de la Universidad del Bío-bío (UBB) junto variadas empresas. Este edificio está destinado al aprendizaje y experimentación. Va a ser monitoreado mediante instrumentos para observar su comportamiento ante eventuales eventos sísmicos, cambios de temperatura y humedad, porque si bien es un sistema constructivo que en Europa tiene cierta tradición en Chile no, y pretenden sacar información para poder validarlo. Este edificio tenía como meta estar terminado a fines del 2020, pero la pandemia demoró dicho proceso para principios del 2022. Por lo que no se ha podido recabar información sobre el comportamiento de un edificio de mediana altura en CLT en Chile. Por ahora solo se podrá encontrar esta información dispersa en distintos países que utilizan este material, por lo que es necesario analizar dicha información con el fin de aportar al conocimiento de este material y su comportamiento.

- **CLT (cross laminated timber):** Material hecho por madera aserrada y encolada, donde cada capa es orientada perpendicularmente a la capa anterior.
- **Fijación (Oxford languages):** Acción y efecto de fijar, con alguna pieza que sirva para fijar.
- **Angulares (Oxford languages):** Del ángulo o relacionado con él, que tiene forma de ángulo.
- **Placas (Oxford languages):** Pieza plana y delgada, generalmente de metal.
- **Construcción sustentable (Oxford languages):** Es aquella que incorpora la sustentabilidad en el ciclo de vida.
- **CIPYCS:** Centro Interdisciplinario para la Productividad y Construcción Sustentable.
- **APA:** Conjunto de alineamientos para comunicación académica clara y precisa.
- **ANSI:** Instituto estadounidense de estándares.

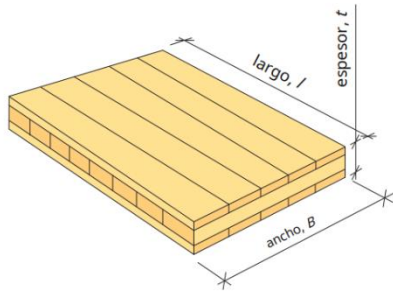
## **6.MARCO NORMATIVO**

- Norma NCh 433. Diseño sísmico de edificios.
- Norma NCh 1198. Construcciones en madera.
- Norma NCh 1207. Clasificación visual para uso estructural.

## **CAPITULO 1: CARACTERISTICAS DEL MATERIAL CLT.**

### **CLT COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.**

Las construcciones en madera se caracterizan por presentar distintos sistemas estructurales, donde sobresalen dos a grandes rasgos, el primero y más utilizado en Chile es el sistema de entramado, donde sus elementos principales son vigas, pilares, pies derechos, soleras, etc. El segundo, es el sistema de estructuras macizas de madera, tal como elementos con bloques ensamblados, clavados o pegados que forman elementos sólidos, y es el menos usado en Chile. El CLT entra dentro de esta categoría, debido a que forma un panel sólido. El CLT es un material de construcción que comprende al menos tres capas de tableros encolados o tablones hechos de madera de coníferas, con cada capa colocada a 90 grados con respecto a la siguiente (Figura 1). Los paneles pueden ser de las dimensiones que el fabricante desee y su límite dependerá de la maquinaria existente y de las capacidades para poder transportarlos a obra (Tabla 1 y Tabla 2). Cuando termina el armado de las capas, el siguiente paso es aplicar presión sobre el panel durante un tiempo determinado para lograr que el adhesivo fragüe. Lo más común es que sean de 3 m de alto por el largo necesario (hasta 18 m por motivos de transporte)



**Figura 1.** Panel CLT

| Parámetro                | Vulgar     | Disponible  |
|--------------------------|------------|-------------|
| Espesor, $t$             | 20 - 45 mm | 20 - 60 mm  |
| Ancho, $B$               | 80-200 mm  | 40 - 300 mm |
| Clase de fuerza          | C14 - C30  | -           |
| Relación ancho / espesor | 4: 1       | -           |

**Tabla 1.** Resistencia y dimensiones comunes de las tablas y tablones utilizados para fabricar CLT. (The CLT Handbook ,Swedish Wood)

| Parámetro    | Vulgar        | Disponible   |
|--------------|---------------|--------------|
| Espesor, $t$ | 80 - 300 mm   | 60 - 500 mm  |
| Ancho, $w$   | 1,20 - 3,00 m | hasta 4,80 m |
| Largo, $l$   | 16 m          | hasta 30 m   |
| No. de capas | 3, 5, 7, 9    | hasta 25     |

**Tabla 2.** Dimensiones comunes para paneles CLT. (The CLT Handbook ,Swedish Wood)

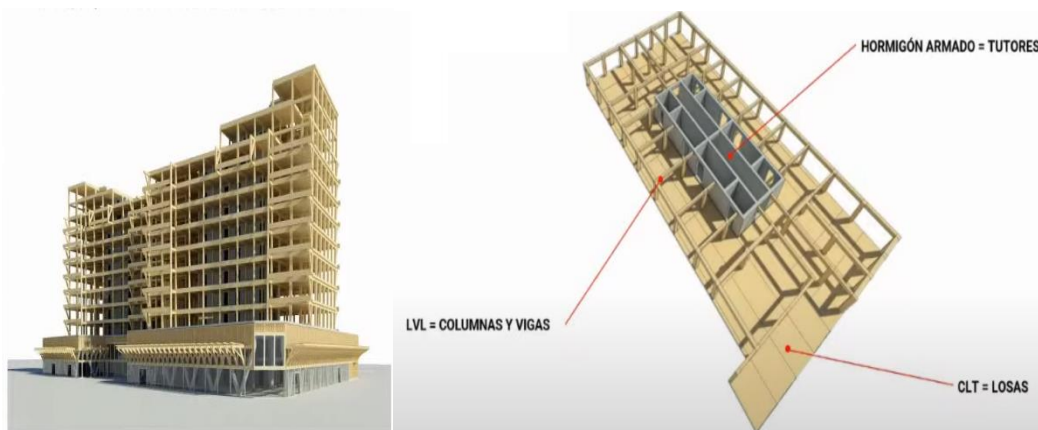
El sistema CLT nació para poder hacer competitiva la madera frente a otros materiales más clásicos que se utilizan en estructuras en altura como el hormigón armado y el acero, debido a que la laminación cruzada del CLT ofrece mayor estabilidad para losas en dos direcciones y permite muros más altos y largos con mayor resistencia que los sistemas de entramado de madera. La madera contralaminada tiene excelentes propiedades de resistencia y rigidez. En relación con su propio peso, los paneles CLT tienen una mayor capacidad de carga que la

mayoría de los otros materiales de construcción, por lo que se pueden construir grandes estructuras para soportar cargas elevadas, lo que se traduce en fundaciones más pequeñas y también en cargas sísmicas mucho menores. El CLT ya se está utilizando en muchos tipos diferentes de estructuras: casas, bloques de gran altura, pasillos, estadios deportivos y puentes. Con diseños y detalles adecuados, además de protección contra el clima, posiblemente con un tratamiento de superficie, CLT se puede utilizar para estas y muchas otras estructuras.



**Figura 2.** Inre Hamnen, Sundsvall, Suecia.

En varios países europeos y EE.UU., se están construyendo cada vez más estructuras con CLT, ya sea en un cien por ciento con este material o combinándolo con otros materiales como hormigón armado o acero (como se muestra en la Figura 3).



**Figura 3.** Proyecto edificio tamango Chile. (edificio con núcleo de hormigón, LVL y CLT)

Los edificios más destacados construidos solo con CLT se pueden mencionar el edificio Kajstaden, el más alto de Suecia con 8 pisos en Suecia, el Joensuu Lighthouse el edificio más alto de Finlandia con 14 pisos (figura 4 y 5 respectivamente).



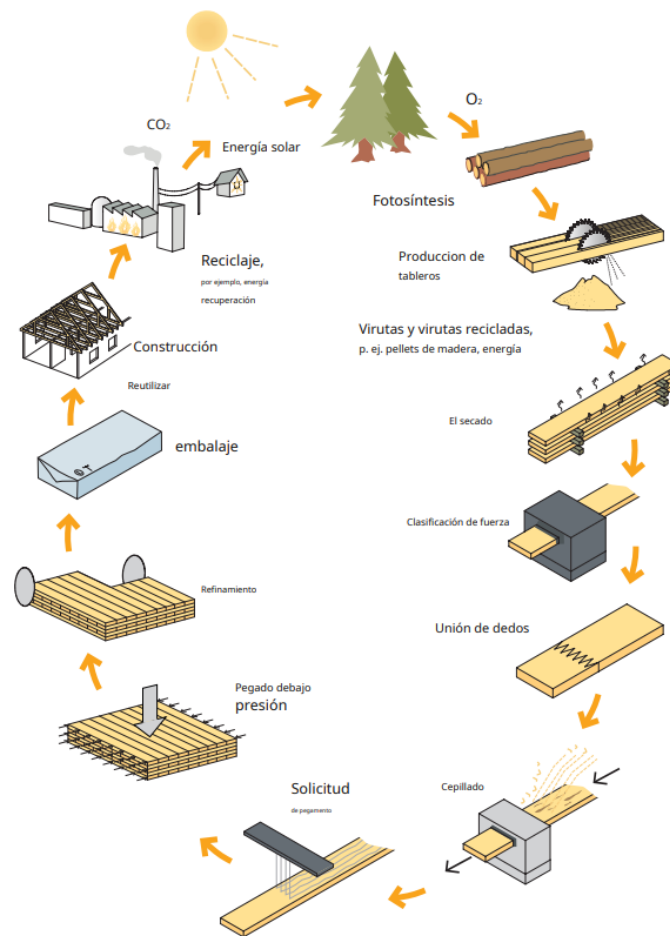
**Figura 4.** edificio Kajstaden, Suecia.



**Figura 5.** Lighthouse Joensuu, Finlandia.

El CLT tiene un mejor comportamiento del punto de vista estructural que los sistemas de marcos o entramados de madera, debido a que es más rígido y no necesita arrostramientos o elementos para reducir las deformaciones entre pisos. Por otro lado, al poseer losas y muros llenos existe mayor cantidad de material, lo que admite cargas más elevadas. La estabilidad que ofrece la laminación cruzada permite fabricar losas más largas y anchas; también, muros más altos que pueden

cubrir varios pisos. Por otro lado, la disposición de las capas cruzadas hace que los paneles posean rigideces relativamente altas en el plano y fuera del plano.



**Figura 6.** Diagrama esquemático del proceso de producción de CLT

Un factor importante, actualmente, para construir en madera son las ventajas del punto de vista ambiental que presenta este material frente a otros, porque los árboles almacenan carbono mediante la fotosíntesis y, por otro lado, la extracción y manufactura de CLT o de la madera en general, requiere menos energía que otros materiales de construcción, por lo tanto, se produce menor cantidad de CO<sub>2</sub>. Estos dos aspectos contribuyen a una huella de carbono mucho más baja que la de otros materiales y ayuda a reducir el calentamiento global.

### **PROPIEDADES DEL MATERIAL CLT**

CLT comprende al menos tres y generalmente un máximo de siete capas de tableros, cada capa perpendicular a la siguiente, donde la sección transversal suele ser simétrica con un número impar de capas. Esto nos da un componente con alta rigidez transversal y pequeñas deformaciones relacionadas con la humedad. Como regla, las diferentes capas de tablas tienen el mismo grosor, pero a veces las capas internas pueden ser más gruesas o más delgadas. Las capas también pueden comprender dos tableros pegados en la misma dirección. Las capas de tableros generalmente se pegan entre sí, pero también existen otros sistemas de unión (clavos, tacos), aunque estos productos no se denominan madera laminada cruzada, CLT. Algunos fabricantes de CLT pegan los bordes de las placas y algunos fabrican CLT con nueve o más capas. El CLT tiende a estar hecho de madera blanda, pero hay fabricantes de CLT que utilizan otras especies de madera. Las dimensiones máximas de los paneles suelen rondar los  $3 \times 16$  m.2, pero esto varía según el fabricante de CLT, y algunos pueden fabricar paneles aún más grandes. El contenido de humedad del material constituyente debe ser del 8 al 14% y debe adaptarse al área de uso prevista. Cuando se hacen grandes orificios en estructuras de madera, a menudo se requiere algún tipo de refuerzo para llevar las fuerzas más allá de los orificios de instalación. Los paneles CLT tienen la ventaja de que incluso con agujeros grandes, a menudo pueden distribuir y transferir las fuerzas a las estructuras adyacentes sin necesidad de refuerzo adicional.

Las tablas se clasifican de acuerdo con las clases de resistencia establecidas y se utiliza madera unida por los dedos. Si no se utiliza madera empalmada, esto debe tenerse en cuenta al diseñar los componentes. Los fabricantes de CLT tienen esto en cuenta en sus valores de resistencia informados. Las propiedades últimas de los paneles CLT están determinadas por las propiedades de los paneles constituyentes, pero también por la resistencia del sistema, como se mencionó anteriormente. Los tableros usados comúnmente tienen propiedades de efecto de acuerdo con SS-EN 338 o valores reportados y verificados por el fabricante CLT.

| Propiedades del tablero   | C14   | C16   | C24    | C30    |
|---|-------|-------|--------|--------|
| <b>Valores de resistencia característica (MPa)</b>  |       |       |        |        |
| Resistencia a la flexión $F_{t,k}$  | 14    | 16    | 24     | 30     |
| Resistencia a la tracción a lo largo de la fibra $F_{t,0,k}$                              | 7.2   | 8.5   | 14,5   | 19     |
| Resistencia a la tracción perpendicular a la fibra $F_{t,90,k}$                           | 0.4   | 0.4   | 0.4    | 0.4    |
| Resistencia a la compresión a lo largo de la veta $F_{c,0,k}$                             | 16    | 17    | 21     | 24     |
| Resistencia a la compresión perpendicular a la fibra $F_{c,90,k}$                         | 2.0   | 2.2   | 2.5    | 2,7    |
| Resistencia a la cizalladura $F_v, k$   | 3,0   | 3.2   | 4.0    | 4.0    |
| <b>Valores de rigidez (MPa)</b>   |       |       |        |        |
| Valor medio del módulo de elasticidad, a lo largo de la fibra $m_{E,0,media}$             | 7.000 | 8.000 | 11.000 | 12 000 |
| Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad, a lo largo de la fibra $m_{E,0,05}$ | 4.700 | 5.400 | 7.400  | 8.000  |
| Valor medio del módulo de elasticidad, perpendicular a la fibra $m_{E,90,media}$          | 230   | 270   | 370    | 400    |
| Valor medio del módulo de corte $GRAMO_{significar}$                                      | 440   | 500   | 690    | 750    |
| <b>Densidad (kg / m<sup>3</sup>)</b>  |       |       |        |        |
| Volumen de densidad del quinto percentil $\rho_k$   | 290   | 310   | 350    | 380    |
| Densidad media $\rho_{significar}$  | 350   | 370   | 420    | 460    |

**Tabla 3.** Propiedades del material para madera con clasificación de resistencia utilizada para CLT. (The CLT Handbook „Swedish Wood)

| Valores de fuerza característicos                   |                     | Paneles CLT con solo C24 (MPa) | Paneles CLT con C30 en la dirección principal de carga y C14 en la dirección principal de carga (MPa) |
|---|---------------------|--------------------------------|---|
| Resistencia a la flexión                            | $F_{t0,k}$          | 24                             | 30  |
|   | $F_{t90,k}$         | 24                             | 14  |
| Resistencia a la tensión, en el plano               | $F_{t0,x,k}$        | 14,5                           | 19  |
|   | $F_{t0,y,k}$        | 14,5                           | 7.2   |
| Resistencia a la tensión, perpendicular al plano    | $F_{t90,x,k}$       | 0.4                            | 0.4   |
|   | $F_{t90,y,k}$       | 0.4                            | 0.4   |
| Resistencia a la compresión, en el plano            | $F_{c0,x,k}$        | 21                             | 24  |
|   | $F_{c0,y,k}$        | 21                             | 16  |
| Resistencia a la compresión, perpendicular al plano | $F_{c90,z,k}$       | 2.5                            | 2,7   |
| Resistencia al corte, corte longitudinal            | $F_{v,090,xlay,k}$  | 4                              | 4   |
|   | $F_{v,090,ylay,k}$  | 4                              | 3   |
| Resistencia al cizallamiento, cizallamiento rodante | $F_{v,9090,xlay,k}$ | 1,1 b 0,7 <sup>2)</sup>        | 1.1 <sup>1)</sup> o 0,7 <sup>2)</sup>   |
|   | $F_{v,9090,ylay,k}$ | 1,1 b 0,7 <sup>2)</sup>        | 1,1 b 0,7 <sup>2)</sup>   |

**Recuadros marcados con “1)” y “2)”:**

- 1) Se utiliza para paneles CLT con paneles encolados en los bordes o cuando el grosor del panel es inferior a 45 mm y la relación ancho / grosor de los paneles es igual o superior a 4.
- 2) Se utiliza para paneles CLT donde los tableros no están pegados en los bordes y donde la relación ancho / espesor de los tableros es menor de 4, o donde se han cortado ranuras en los tableros

**Tabla 4.** Ejemplos de valores de resistencia característicos para paneles CLT basados en las propiedades de resistencia de los tableros de madera. (The CLT Handbook ,Swedish Wood)

| Valores de rigidez característicos                   |                 | Paneles CLT con solo C24 (MPa) | Paneles CLT con C30 en la dirección principal de carga y C14 en la dirección principal de carga (MPa) |
|--|-----------------|--------------------------------|---|
| Valor medio del módulo de elasticidad                | $mE_{x, media}$ | 11.000                         | 12 000  |
|  | $mE_{x, 05}$    | 0 1) o 400 2)                  | 0 1) o 400 2)   |
|  | $mE_{y, media}$ | 11.000                         | 7.000   |
|  | $mE_{y, 05}$    | 0 ò 400 2)                     | 0 ò 280 2)  |
| Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad | $mE_{x, 05}$    | 7.400                          | 8.000   |
|  | $mE_{y, 05}$    | 7.400                          | 4.700   |
| Valor medio del módulo de cortante                   | $G_{MO, media}$ | 690                            | 750   |
|  | $G_{MO, 05}$    | 690                            | 440   |
| Valor medio del módulo de cizallamiento rodante      | $G_{MO, media}$ | 50                             | 50  |
|  | $G_{MO, 05}$    | 50                             | 50  |

**Recuadros marcados con “1)” y “2)”:**

- 1) Se utiliza para paneles CLT sin tableros encolados en los bordes.
- 2) Puede usarse para paneles CLT con tableros pegados en los bordes.

**Tabla 5.** Ejemplos de valores de rigidez característicos para paneles CLT basados en las propiedades de rigidez de los tableros de madera. (The CLT Handbook ,Swedish Wood)

| Densidad             |                         | Paneles CLT con solo C24 (kg / m <sup>3</sup> ) | Paneles CLT con C30 en la dirección principal de carga y C14 en la dirección principal de carga (kg / m <sup>3</sup> ) |
|----------------------|-------------------------|---|--|
| Valor característico | $\rho_{lam, k}$         | 350   | aprox. 350   |
| Valor medio          | $\rho_{lam, significa}$ | 420   | aprox. 420   |

**Tabla 6.** Densidad de paneles CLT. (The CLT Handbook ,Swedish Wood)

El CLT muestra grandes similitudes con otros productos de madera en términos de sus propiedades de resistencia:

- La resistencia varía según el ángulo entre la tensión y la dirección de la fibra, lo que la convierte en un material ortotrópico.
- La resistencia disminuye a medida que aumenta el contenido de humedad.

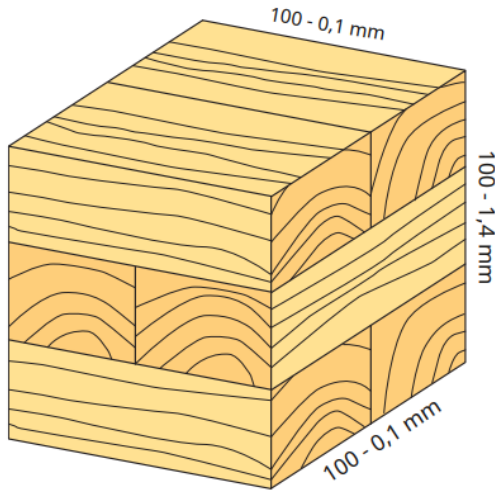
- La resistencia disminuye a medida que aumenta el tiempo bajo carga.
- Las propiedades del material varían tanto dentro de un componente como entre diferentes componentes.

### **CARACTERISTICAS TERMICAS**

La madera tiene movimientos de temperatura muy pequeños, en comparación con muchos otros materiales. La conductividad térmica y la capacidad térmica de CLT es prácticamente la misma que la de la madera maciza. La conductividad térmica, que describe la capacidad aislante del material, es significativamente mejor que la del hormigón y el acero. El valor práctico de la conductividad térmica para el pino es  $0,12 \text{ W} / (\text{m} \text{ } ^\circ \text{C})$  en ángulo recto con las fibras y  $0,26 \text{ W} / (\text{m} \text{ } ^\circ \text{C})$  paralelos a las fibras. Al construir con paneles CLT, la gran cantidad de madera influye en el clima interior al nivelar las variaciones climáticas. La escala de este efecto está determinada por los otros materiales constituyentes, el sistema de ventilación y la tecnología de regulación y control incorporada.

### **MOVIMIENTO RELACIONADO CON LA HUMEDAD**

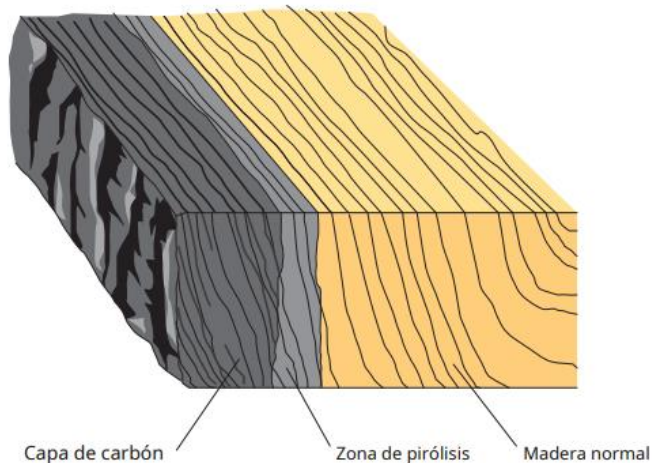
CLT se expande cuando aumenta el contenido de humedad y se contrae cuando el contenido de humedad disminuye. Sin embargo, las capas alternas de tableros significan que la madera de los paneles CLT se expande y contrae menos en la dirección de la fibra que la madera maciza ordinaria. El CLT se fabrica en condiciones controladas a partir de tableros y tablones con un contenido de humedad entre el 6% y el 15%. La cuestión de cuánto menos se compararán la expansión y la contracción con la madera maciza ordinaria está determinada por el número y el grosor de las capas. Los productos hechos de CLT se fabrican generalmente con un contenido de humedad objetivo del 12%. Esto significa que los productos CLT individuales deben tener un contenido de humedad no superior al 16% en el momento de la entrega. El contenido de humedad de CLT alcanzará gradualmente el equilibrio con la humedad relativa ambiental (RH) y seguirá su variación a lo largo del año. Dependiendo de dónde esté ubicado el edificio, qué parte de la construcción, edificio con calefacción o frío, el contenido de humedad variará en el elemento entre aproximadamente 4 y 5% durante el año.



**Figura 7.** contracción y expansión aproximadas de un panel CLT por 100 mm cuando se seca de 20 a 10% de humedad contenida.

### **CARACTERISTICAS CONTRA EL FUEGO**




El CLT y las estructuras fabricadas con CLT tienen propiedades buenas y predecibles en lo que respecta al fuego. CLT es un material inflamable, pero en combinación con otros materiales, la capacidad de carga requerida se puede mantener durante el incendio. La madera tarda en prenderse fuego y se quema lentamente. La forma en que se desarrolla el calor durante un incendio es a menudo crucial para determinar si el fuego se propagará o se extinguirá. La capa de carbón que se forma en la superficie de CLT en un incendio protege las partes internas, y la tasa de penetración de la madera es generalmente de alrededor de 0,6 - 1,1 mm por minuto.



**Figura 8.** Penetración del fuego.

### **TRATAMIENTO SUPERFICIAL**

Los paneles CLT se consideran principalmente componentes estructurales cuyas propiedades clave son resistencia, rigidez y durabilidad. Los productos estándar cumplen con los requisitos de apariencia normal, siempre que se manipulen con suficiente cuidado durante el transporte y en el sitio de construcción. Cuando los paneles CLT se sacan de la prensa encoladora, presentan pequeñas irregularidades en los laterales, que se retiran debidamente. La superficie lisa suele ser de calidad y no se requiere ningún acabado adicional. Si el diseño especifica superficies expuestas, las tablas deben elegirse en función de los requisitos establecidos en las superficies. La mayoría de los fabricantes de CLT tienen algunas clases de apariencia diferentes para elegir y diferentes formas de nombrarlas, como Superficie expuesta, Superficie industrial y Superficie no expuesta. A continuación, los paneles CLT pueden tratarse la superficie in situ como si fuera madera normal, utilizando tintes para madera, pinturas, barnices o aceites.

| Clase de apariencia    | Puede ocurrir   | No permitido  | Ejemplo de superficie   |
|------------------------|---|---|---|
| Expuesto superficie    | Pocas cavidades de paso por debajo de 3 × 40 mm <sup>2</sup><br><br>Nudo negro menos de 10 mm<br>Nudo sano menos de 10 mm   | Corteza cerrada, cicatrices abiertas, podredumbre firme / blanda, médula, ataque de insectos, mengua, agujero de nudo, nudo descompuesto, nudo encapsulado, muecasas, hendiduras, pegamento visible               |  |
| Industrial superficie  | Pocas cavidades de paso por debajo de 3 × 40 mm <sup>2</sup><br><br>Nudo negro de menos de 20 mm<br>Nudo muerto de menos de 20 mm<br>Nudo sano, médula, agujero de nudo, aparición menor de muecasas, cola visible                            | Cicatrices recubiertas de corteza, cicatrices abiertas, podredumbre firme / blanda, ataque de insectos, mengua, nudo podrido, nudo encapsulado, hendiduras (sin marcas de condimento), grupos de nudos llamativos |  |
| No expuesto superficie | Bolsillos, agujeros de nudos, nudos negros, nudos cariados, nudos muertos, muecasas, nudos encajados, nudos sanos, médula, hendiduras, ataque de insectos, pegamento visible, diferencias de color entre tablas, mancha azul en menor medida. | Podredumbre firme, podredumbre blanda   |  |

**Tabla 7.** Clases de apariencia, ejemplos. (The CLT Handbook ,Swedish Wood)

## **CAPITULO 2: CLASIFICACION DE UNIONES PARA CONSTRUCCION DE MEDIANA ALTURA CON CLT EN ZONAS SISMICAS.**

Uno de los puntos más importantes para el buen funcionamiento estructural del CLT son sus conexiones. Dada la alta rigidez de los paneles, las deformaciones se traducen principalmente a los conectores. Se debe tener un especial cuidado en las conexiones al momento del montaje en obra, porque los paneles generalmente vienen cortados y la partida donde se pueden generar más errores es en la cuadratura de las estructuras y en la instalación de los conectores. Los conectores utilizados en este sistema deben ser dúctiles para evitar fallas repentinas, especialmente ante cargas dinámicas que pudieran afectar la integridad de la construcción.

Las conexiones mecánicas utilizadas en los edificios CLT se suelen dividir en dos grupos. El primer grupo se refiere a las conexiones utilizadas para evitar el balanceo y deslizamiento de las paredes, es decir, las sujeciones y las escuadras. Dichos conectores

metálicos se fijan a las paredes CLT mediante clavos roscados o tornillos de pequeño diámetro y se han desarrollado en base a los sistemas de conexión utilizados en estructuras de marcos ligeros. El segundo grupo se refiere a las juntas escalonadas utilizadas para evitar el deslizamiento relativo entre paredes contiguas o entre un panel de piso y la pared subyacente. Estas uniones generalmente se ensamblan con tornillos autorroscantes hechos de acero al carbono, con vástago parcial o totalmente roscado.

### **PLACAS Y SOPORTE METALICO ESTANDAR**

Las placas y soportes de metal estándar son un tipo importante de fijación para unir losas de piso y paneles de pared en CLT, por ejemplo. Hay todo tipo de soportes angulares para elegir, desde soportes que manejan grandes fuerzas de tracción hasta soportes diseñados para transferir principalmente fuerzas de corte.

#### **Placa perforada en ángulo**

Las placas de clavos en ángulo se pueden utilizar para juntas entre losas de piso y paneles de pared, o para juntas a tope bajo una carga moderada. Están fabricados en acero galvanizado en caliente o acero inoxidable con un espesor de 2 a 4 mm y un diámetro de agujero de 5 mm para clavos de anclaje o tornillos de anclaje. ver figura 9.

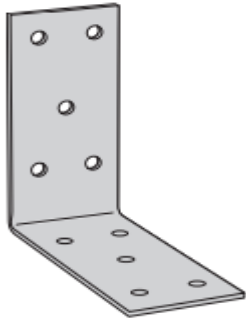
#### **Escuadras angulares**

Los soportes angulares se utilizan a menudo para uniones a tope en CLT. También se pueden utilizar para sujetar CLT al hormigón y están disponibles en muchas dimensiones para adaptarse a la carga en cuestión. Están fabricados en acero galvanizado en caliente o acero inoxidable con un espesor de 2 a 3 mm y un diámetro de agujero de 5 mm para clavos de anclaje o tornillos de anclaje y agujeros más grandes para tornillos de expansión. Ver figura 10.

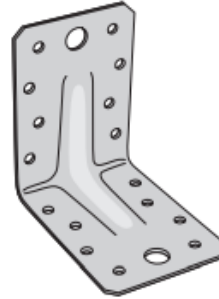
#### **Placas perforadas**

Las placas perforadas son una buena opción para fuerzas moderadas. Las placas de clavos perforadas vienen en muchas variantes. Las placas perforadas suelen ser la alternativa más rentable a las placas perforadas. El punzonado de placas requiere que el grosor de la placa

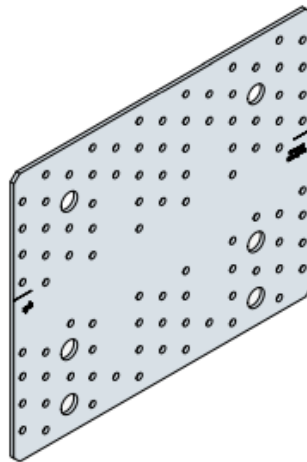
no supere el diámetro del orificio. El agujero debe ser alrededor de 1 mm más grande que el diámetro del sujetador. Las placas de clavos se pueden fundir en la losa de hormigón o soldar para fundir placas de soldadura. ver figura 11.



**Figura 9.** Placa perforada en ángulo.



**Figura 10.** Soporte de ángulo de servicio pesado.



**Figura 11.** Placa perforada.

Dentro de las placas metálicas se encuentran las que trabajan a corte y son ubicadas en el centro de los muros, estas generalmente tienen forma de “L”, y están las placas que trabajan a tracción y que son ubicadas en los extremos de los muros para absorber las fuerzas provocadas por el volcamiento del panel. Estas placas son llamadas anclajes o hold-downs. Ambos conectores se muestran en la Figura 12.



a) Conector a tracción

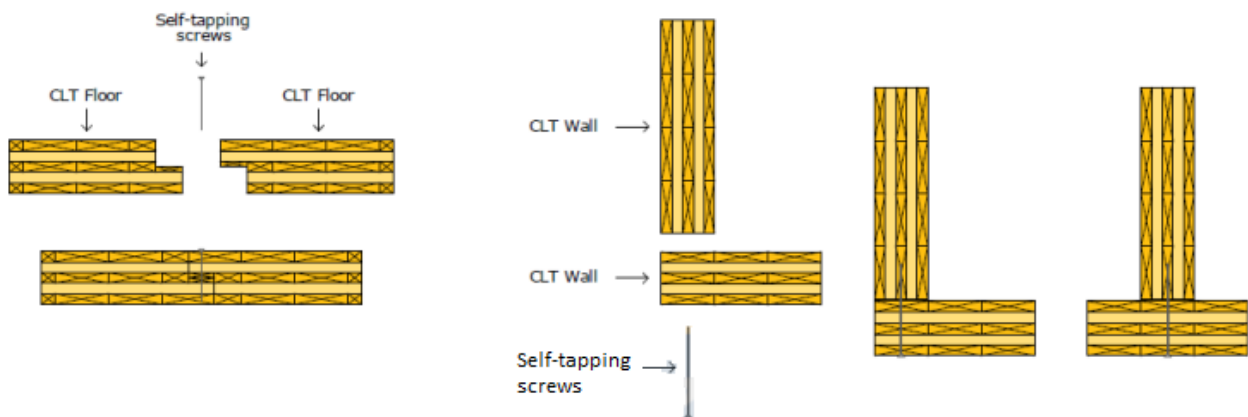
b) Conector de corte

**Figura 12.** Conectores con placas metálicas en CLT (FPInnovations, 2013)

### JUNTA CON TORNILLOS

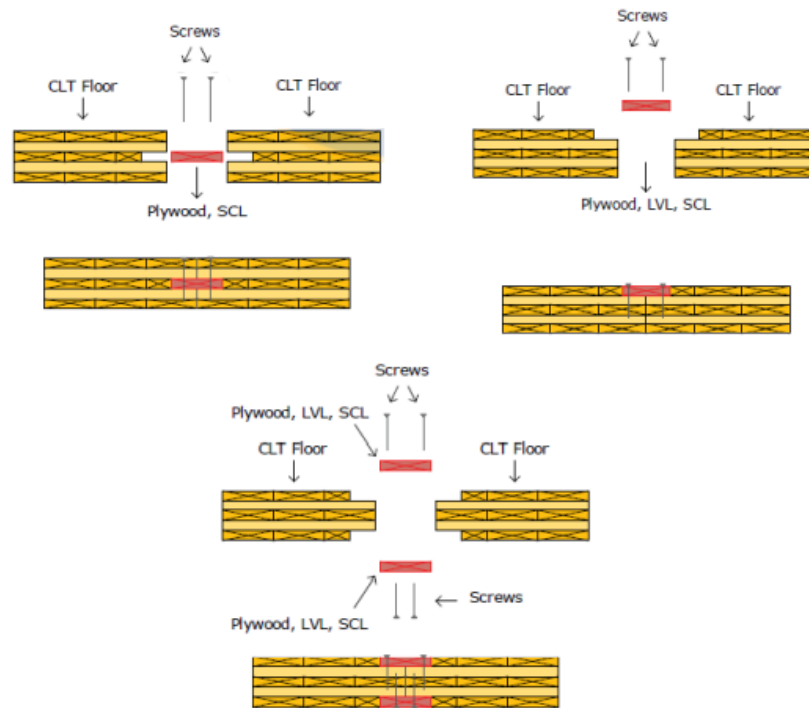
sirven para unir muros en forma perpendicular, muros de canto, losas a muros o paneles de losa entre sí. En la actualidad, existe una gran cantidad tornillos fabricados con materiales muy dúctiles y largos de hasta 600 mm, son muy fáciles de instalar y en la mayoría de los casos no necesitan perforación previa, lo que facilita en gran medida la construcción. En las conexiones con tornillos autoperforantes, se distinguen dos tipos de uniones para ensamblar paneles de canto, la primera es la conexión half-lap o traslapada, la cual se muestra en la Figura 13 a). Las uniones perpendiculares entre muros y las uniones losa-muro van simplemente a tope con tornillos autoperforantes, como se muestra en la Figura 13 b).

La segunda es la unión spline o ranurada, donde se realiza un rebaje en los paneles y se utiliza una placa de terciado para unirlos. Esta última puede ser por una cara, por ambas caras o interna como se muestra en la Figura 14.

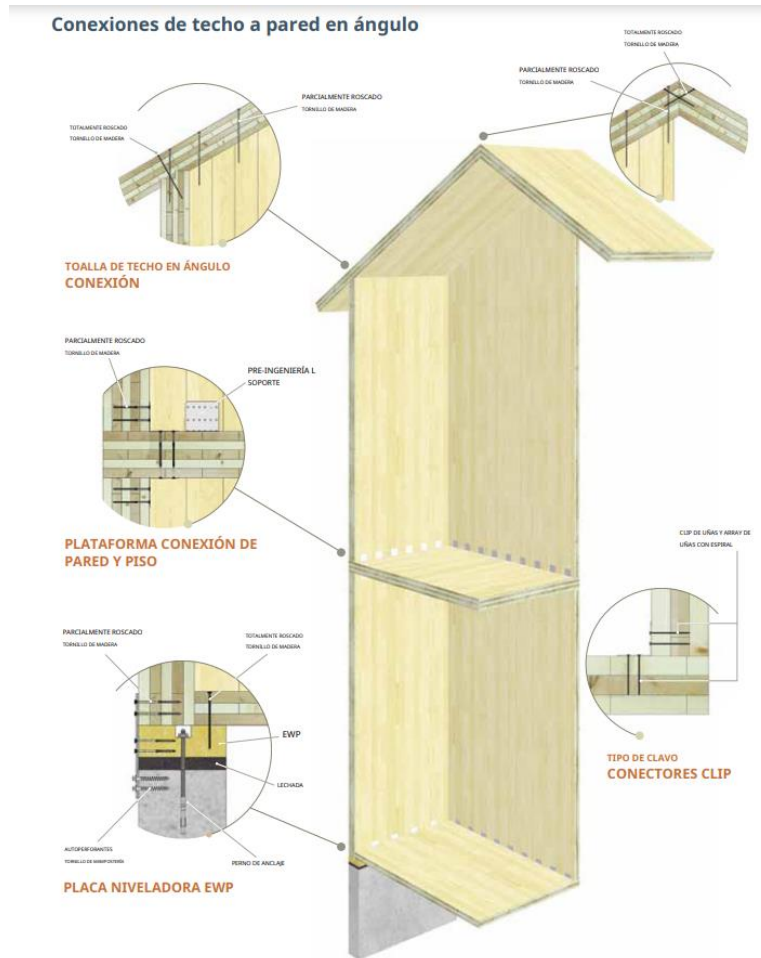


a) Unión half-lap para losas y muros.    b) Unión para muros perpendiculares o losa-muro.

**Figura 13.** Uniones en CLT con tornillos auto perforantes (FPInnovations, 2013)



**Figura 14.** Distintos tipos de uniones tipo spline (FPInnovations, 2013)



**Figura 15.** Placas y uniones apernadas en conjunto (Estructurlam)

## ANTECEDENTES CIENTIFICOS

El comportamiento histerético de las conexiones con sujetadores y escuadras ha sido el foco de varios proyectos de investigación. Gavric y col. y Flatscher et al. llevó a cabo los más completos programas de ensayos como parte de los Proyectos SOFIE y SERIES, respectivamente. Los resultados destacaron un comportamiento disipativo y mecanismos de falla dúctiles, con la única excepción de las situaciones en las que las escuadras, diseñadas para resistir principalmente en cortante, fueron cargadas en tensión. En tales situaciones, exhibieron algunas fallas inapropiadas causadas por la extracción de los clavos de los paneles del piso o la extracción de los pernos de anclaje (Figura 10. a – b). Sin embargo, esos conectores demostraron tener buenas propiedades mecánicas bajo cargas laterales y axiales. Por el contrario, los retenedores mostraron altas capacidades de resistencia cuando

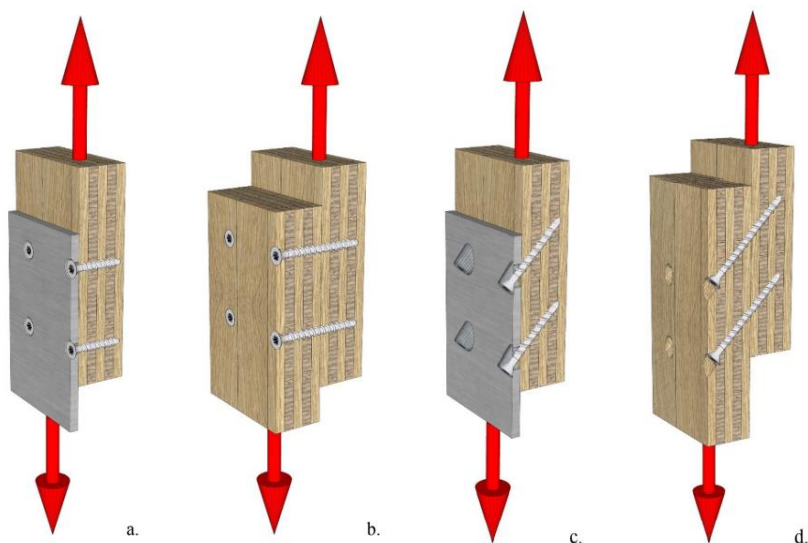
se cargan en tensión y un comportamiento mecánico débil si se someten a cargas laterales, debido al pandeo de las alas metálicas.



**Figura 16.** Mecanismos de falla inadecuados a nivel de conexión: (a) retirada de los clavos conectados al panel de piso CLT; (b) tracción del perno de anclaje, (c) rotura por tracción en la sección transversal neta de la brida metálica, y (d) pandeo del anclaje a los cimientos. (engineering structures,Elsevier).

El enfoque basado en la capacidad tiene como objetivo garantizar mecanismos de falla dúctiles en diferentes niveles estructurales y prevenir colapsos frágiles no deseados. La deformación de los sujetadores se logrará con al menos una bisagra de plástico, aunque el mecanismo en el que se forman dos bisagras se considera el más deseable. Se deben evitar todos los mecanismos de falla localizados fuera de las juntas dúctiles, es decir,

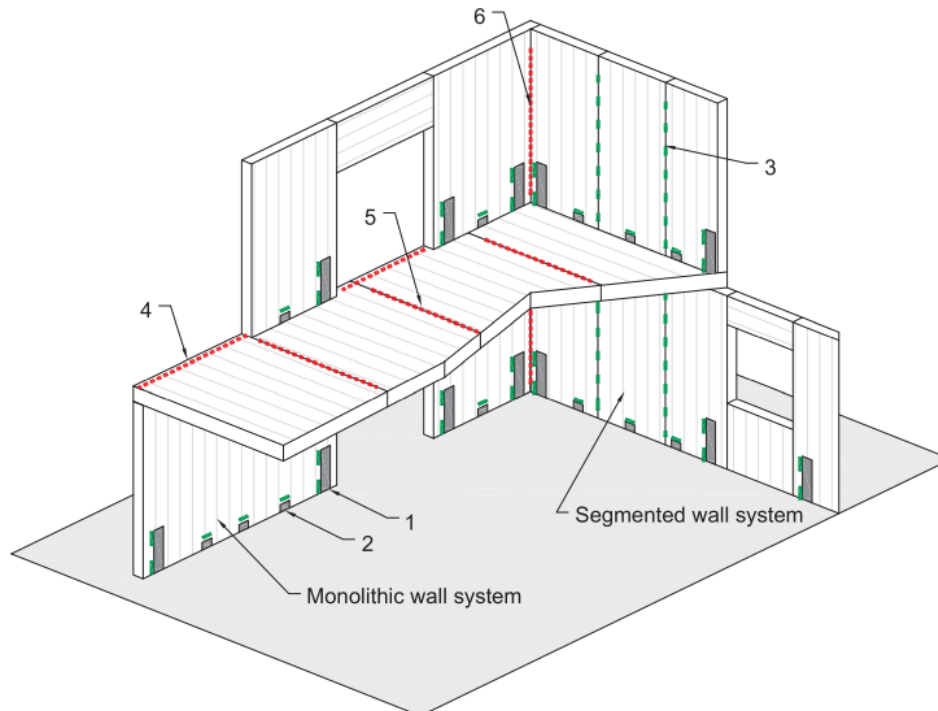
aquellos que puedan ocurrir en los miembros metálicos de las conexiones (por ejemplo, falla por tracción de la sección transversal de la red), en los pernos de anclaje a los cimientos y en los paneles de madera (por ejemplo, rajaduras o tapones). En este contexto, los sujetadores tipo clavija ubicados en las zonas disipadoras se insertarán en perpendicular a la dirección de la carga que se transfiere a lo largo de la junta (Fig. 16 a – b), mientras que todas las conexiones hechas con sujetadores de tipo pasador que transfieren la mayor parte de la carga a través de la resistencia axial no deben considerarse disipativas (Fig. 16 c-d).



**Figura 17.** Esquema de (a) una conexión disipativa de acero a madera, (b) una conexión disipativa de madera a madera, (c) una conexión no disipativa de acero a madera y (d) una conexión de madera no disipativa. conexión a la madera.

Una vez que se evitan fallas inapropiadas a nivel de conexión, se aplican disposiciones similares a nivel de pared. Aquí, para evitar cualquier falla local que pueda ocurrir en el miembro CLT, la pared está diseñada para la sobrerresistencia de las conexiones. Por lo tanto, es importante distinguir entre conexiones disipativas y no disipativas (Figura 17). Los primeros se ubican en las conexiones contra balanceo (sujeciones) y deslizamiento (escuadras), y en las juntas verticales entre paneles adyacentes, respectivamente. Estos últimos aseguran la estabilidad de la estructura, y se ubican a nivel del piso (en las conexiones piso-piso y en las conexiones piso-pared) y en las juntas de escalones verticales entre paredes perpendiculares, respectivamente. Finalmente, a nivel del edificio, los paneles del piso actuarán como diafragmas rígidos, asegurando un comportamiento tipo caja y

redistribuyendo la torsión entre las paredes. Además, para evitar cualquier mecanismo de piso blando y para distribuir la disipación de energía a lo largo de la altura de un edificio, la resistencia lateral de los muros de corte será mayor en los pisos inferiores y disminuirá en los pisos superiores.



**Conexión disipativa contra el balanceo**

- 1) Conexión de pared a suelo contra balanceo.
- 2) Conexión de pared a suelo contra deslizamiento.
- 3) Cuntas verticales entre paneles adyacentes.

**Conexiones no disipativas**

- 4) Conexión de suelo a panel de pared.
- 5) Conexión de suelo a suelo.
- 6) Juntas veticas entre ortogonales.

**Figura 18.** Esquemas de una estructura CLT, con indicación de las conexiones disipativas y no disipativas.

**UNIONES PARA MEDIANA ALTURA**

**Anclajes de sujeción Simpson HTT 31**

Los anclajes para paneles HTT son piezas plegadas optimizadas para la aplicación de cargas de levantamiento. Se utilizan por piezas o por pares. Están especialmente adaptados

a las estructuras de CLT. La lengüeta envolvente a ambos lados en la parte inferior permite un ahorro importante de la aplicación de cargas.



**Ventajas:** Gran resistencia al levantamiento: ideal para las uniones sobre hormigón

**Dimensiones**

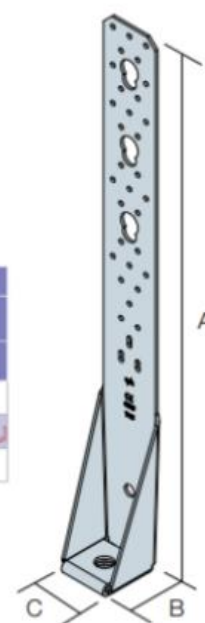
| Código del artículo | Dimensiones [mm] |    |    |      |    |    |     |     | Perforación ala A [mm] |    |     | Perforación ala B [mm] |     |     |
|---------------------|------------------|----|----|------|----|----|-----|-----|------------------------|----|-----|------------------------|-----|-----|
|                     | A                | B  | C  | D    | E  | F  | G   | t   | ø4,7                   | ø5 | ø21 | ø17,5                  | ø18 | ø26 |
| HTT5                | 404              | 62 | 90 | 2,5  | 33 | -  | -   | 2,8 | 26                     | -  | -   | 1                      | -   | -   |
| HTT22E              | 558              | 60 | 63 | 12,5 | 33 | 80 | 352 | 3   | -                      | 31 | 3   | -                      | 1   | -   |
| HTT31               | 785              | 60 | 90 | 12   | 33 | 80 | 340 | 3   | -                      | 41 | 6   | -                      | -   | 1   |

**Valores característicos**

| Código del artículo | Fijaciones |          | Valores característicos [kN]       |                                    |                                    |                                    |                                    |                        |                                    |                                    |
|---------------------|------------|----------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                     | Ala A      | Ala B    | Tracción $R_{t,x}$                 |                                    |                                    |                                    |                                    | $R_{t,x}$ (+US50/50/8) |                                    |                                    |
|                     | Cantidad   | Cantidad | CNA4,0x50                          | CNA4,0x60                          | CNA5,0x50                          | CNA5,0x60                          | 6 ZYKT69 + 4 CSA                   | CNA4,0x50              | CNA4,0x60                          |                                    |
| HTT5                | 18         | 1 M16    | min. [24,7; 43/k <sub>90</sub> ]   | min. [31,0; 43/k <sub>90</sub> ]   | -                                  | -                                  | -                                  | -                      | 24,7                               | 34,2                               |
| HTT22E              | 26         | 1 M16    | min. [42,3; 57,5/k <sub>90</sub> ] | min. [53,1; 57,5/k <sub>90</sub> ] | min. [59,1; 57,5/k <sub>90</sub> ] | min. [78,7; 57,5/k <sub>90</sub> ] | -                                  | -                      | min. [42,3; 57,5/k <sub>90</sub> ] | min. [53,1; 57,5/k <sub>90</sub> ] |
| HTT31               | 39         | 1 M24    | min. [59,4; 85,1/k <sub>90</sub> ] | min. [63,2; 85,1/k <sub>90</sub> ] | min. [70,4; 85,1/k <sub>90</sub> ] | min. [93,8; 85,1/k <sub>90</sub> ] | min. [93,8; 78,3/k <sub>90</sub> ] | -                      | -                                  | -                                  |

**Rigidez**

| Código del artículo | Fijaciones |          | Rigidez – Madera C24 sobre hormigón [kN/mm] |           |           |           |                  |                        |           |
|---------------------|------------|----------|---|-----------|-----------|-----------|------------------|------------------------|-----------|
|                     | Ala A      | Ala B    | Tracción $R_{t,x}$                          |           |           |           |                  | $R_{t,x}$ (+US50/50/8) |           |
|                     | Cantidad   | Cantidad | CNA4,0x50                                   | CNA4,0x60 | CNA5,0x50 | CNA5,0x60 | 6 ZYKT69 + 4 CSA | CNA4,0x50              | CNA4,0x60 |
| HTT5                | 18         | 1 M10    | 4,45  | 4,76      | -         | -         | -                | 9,26                   | 9,9       |
| HTT22E              | 26         | 1 M16    | 5,08  | 5,7       | 6,89      | 7,2       | -                | 6,59                   | 7,42      |
| HTT31               | 45         | 1 M24    | -   | -         | -         | 24,3      | 17,1             | -                      | -         |



**Figura 19.** Características del anclaje HTT (Conexiones y fijaciones para uniones CLT Simpson Strong-Tie).

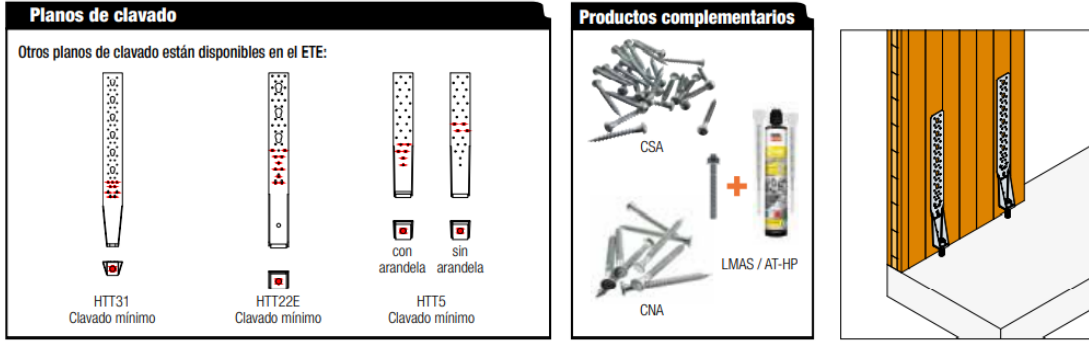


Figura 20. Plano de clavado y productos complementarios.

### Escuadra estructural AB105

Las escuadras AB105 son escuadras especialmente polivalentes tanto sobre soporte de madera como sobre soporte rígido.



#### Ventajas:

- Gran resistencia a la cizalladura
- Polivalencia de uso
- Aplicación de esfuerzos en distintas direcciones ( $F_1$ ,  $F_2/3$ ,  $F_4/5$ )

#### Dimensiones

| Código del artículo | Dimensiones [mm] |     |    |        | Perforación ala A  |        | Perforación ala B  |        |
|---------------------|------------------|-----|----|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|
|                     | A                | B   | C  | Grosor | Tornillos o puntas | Pernos | Tornillos o puntas | Pernos |
| AB105               | 103              | 103 | 90 | 3      | 8 Ø5               | 3 Ø11  | 11 Ø5              | 3 Ø11  |

#### Valores característicos

| Código del artículo                                | Fijaciones  |              | Valores característicos [kN] |                                     |
|--|-------------|--------------|------------------------------|-------------------------------------|
|  | Ala A       | Ala B        | Tracción ( $R_{t,d}$ )       | Cizalladura ( $R_{v,d} = R_{v,d}$ ) |
| Conexión CLT/CLT - Unión con 1 escuadra            |             |              |                              |                                     |
| AB105  | 8 CNA4,0x50 | 11 CNA4,0x50 | 5,2                          | 7,8                                 |
| Conexión CLT/soporte rígido - Unión con 1 escuadra |             |              |                              |                                     |
| AB105  | 5 CNA4,0x50 | 2 Ø10        | 5,1                          | 3,2                                 |

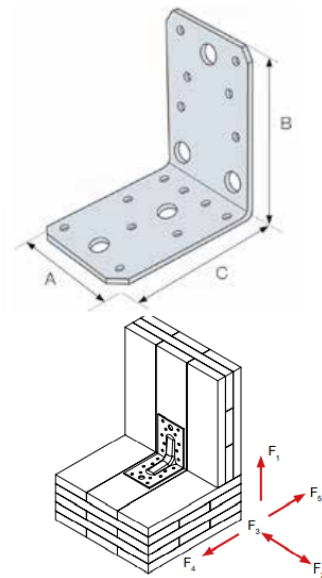
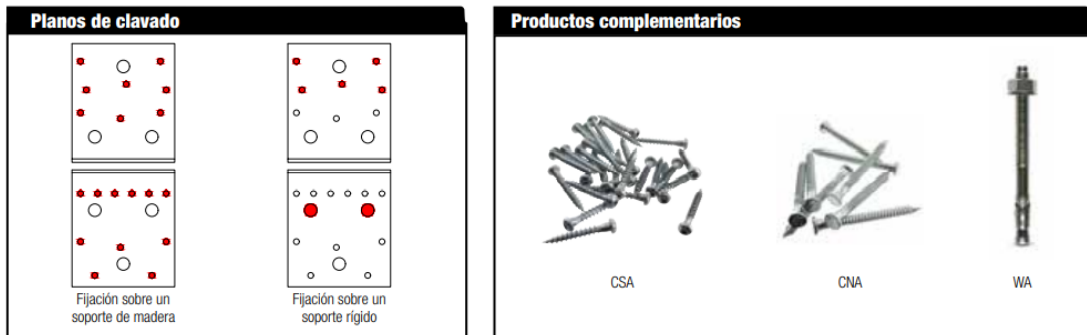


Figura 21. Características escuadra estructural AB105 (Conexiones y fijaciones para uniones CLT Simpson Strong-Tie).



**Figura 22.** Plano de clavado y productos complementarios.

### Escuadra estructural ABR105

La escuadra ABR105 es una escuadra reforzada especialmente polivalente. Es más resistente que la escuadra E2/2,5/7090. Aunque se pueden utilizar en soportes rígidos (acero u hormigón), están más adaptadas para el uso en madera.



#### **Ventajas:**

- Rigidez elevada
- Gran polivalencia de aplicaciones
- Aplicación de esfuerzos en distintas direcciones (F1, F2/3, F4 y F5)

**Dimensiones**

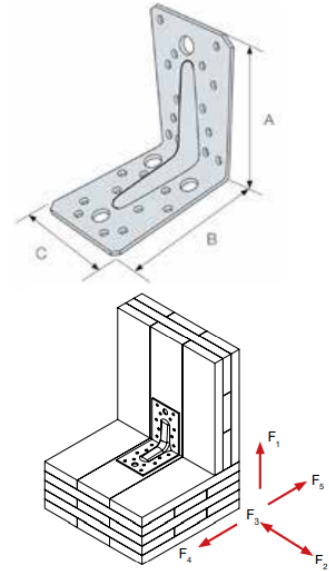
| Código del artículo | Dimensiones [mm] |     |    |   | Perforación ala A  |        | Perforación ala B  |        |
|---------------------|------------------|-----|----|---|--------------------|--------|--------------------|--------|
|                     | A                | B   | C  | t | Tornillos o puntas | Pernos | Tornillos o puntas | Pernos |
| ABR105-R            | 105              | 105 | 90 | 3 | 10 Ø 5             | 3 Ø 11 | 14 Ø 5             | 1 Ø 11 |

**Valores característicos**

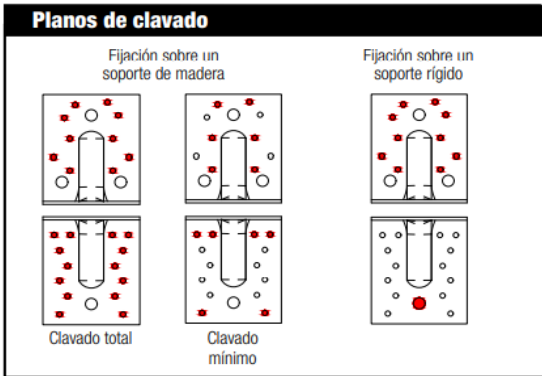
| Código del artículo   | Fijaciones   |              | Valores característicos [kN] |                                     |
|---|--------------|--------------|------------------------------|-------------------------------------|
|   | Ala A        | Ala B        | Tracción ( $R_{1,y}$ )       | Cizalladura ( $R_{2,x} = R_{3,y}$ ) |
| <b>Conexión CLT/CLT - Unión con 1 escuadra</b>                        |              |              |                              |                                     |
| ABR105-R  | 14 CNA4,0x50 | 10 CNA4,0x50 | 7,1                          | 9,5                                 |
| <b>Conexión CLT/CLT - Tornillos conectores - Unión con 1 escuadra</b> |              |              |                              |                                     |
| ABR105-R  | 1 SSH10x80   | 3 SSH10x80   | 12,2                         | 9,9                                 |

**Rigidez**

| Código del artículo   | Fijaciones |            | Rigidez [kN/mm]        |                                     |
|---|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|
|   | Ala A      | Ala B      | Tracción ( $R_{1,y}$ ) | Cizalladura ( $R_{2,x} = R_{3,y}$ ) |
| <b>Conexión CLT/CLT - Tornillos conectores - Unión con 1 escuadra</b> |            |            |                        |                                     |
| ABR105-R  | 1 SSH10x80 | 3 SSH10x80 | 1,02                   | 0,54                                |



**Figura 23.** Características escuadra estructural ABR105 (Conexiones y fijaciones para uniones CLT Simpson Strong-Tie).



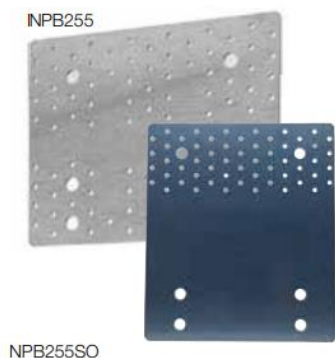
Disponible en versión de acero inoxidable: ABR10525S



**Figura 24.** Plano de clavado y productos complementarios.

**Placa perforada para CLT NPB**

La placa perforada NPB255 ha sido especialmente desarrollada para la fijación de los paneles CLT sobre soportes de madera o de hormigón. Es muy polivalente y fácil de instalar gracias a una línea de marcado que permite colocar los dos elementos a fijar.



#### Ventajas:

- Ideal para su uso en la construcción CLT
- Fácil de instalar gracias a una línea de marcado que permite colocar los dos elementos a fijar
- Gran polivalencia: se puede fijar sobre soporte de madera y soporte de hormigón
- Alto rendimiento para esfuerzos horizontales (F2/F3) y verticales (F1)

#### Dimensiones

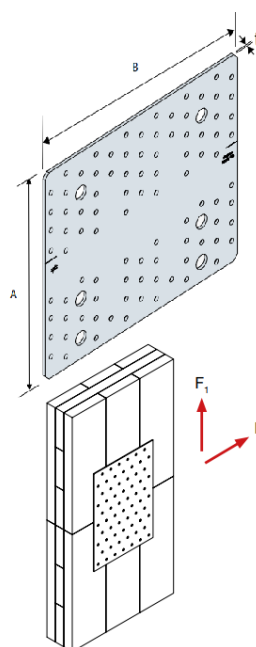
| Código del artículo | Dimensiones [mm] |     |   | Perforación        |                |
|---------------------|------------------|-----|---|--------------------|----------------|
|                     | A                | B   | t | Tornillos o puntas | Pernos         |
| <b>NPB255</b>       | 214              | 255 | 3 | 52 Ø 5 + 2 Ø14     | 41 Ø 5 + 4 Ø14 |
| <b>NPB255SO</b>     | 294              | 255 | 3 | 52 Ø 5 + 2 Ø14     | 4 Ø14          |

#### Valores característicos

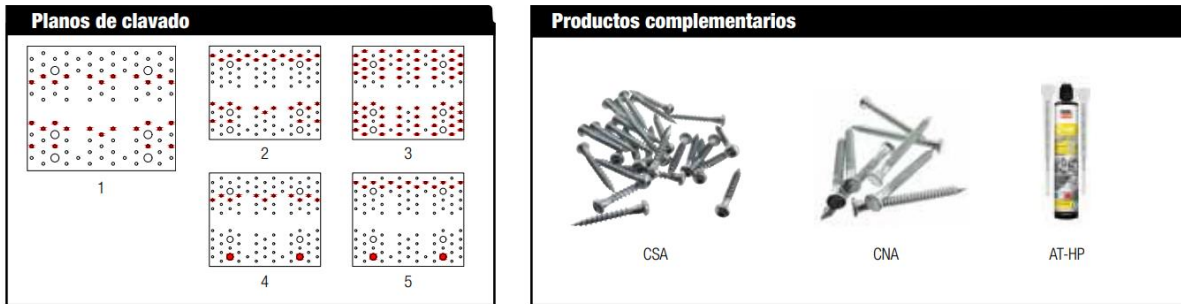
| Código del artículo | Fijaciones       |          |          | Valores característicos - Madera C24 sobre madera C24 [kN] – 1 NPB255 |           |           |           |           |           |           |           |
|---------------------|------------------|----------|----------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                     | Plano de clavado | Ala A    | Ala B    | $R_{1,k}$   |           |           |           | $R_{2,k}$ |           |           |           |
|                     |                  | Cantidad | Cantidad | CNA4,0x35   | CNA4,0x50 | CNA4,0x60 | CSA5,0x50 | CNA4,0x35 | CNA4,0x50 | CNA4,0x60 | CSA5,0x50 |
| <b>NPB255</b>       | 1                | 11       | 15       | 17,9  | 23,9      | 26,0      | 27,6      | 15,6      | 20,8      | 22,6      | 24,0      |
|                     | 2                | 13       | 15       | 21,2  | 28,3      | 30,7      | 32,6      | 14,5      | 19,4      | 21,0      | 22,3      |
|                     | 3                | 30       | 34       | -   | -         | -         | -         | -         | -         | -         | 44,0      |
|                     | 4                | 11       | 2 Ø12    | 17,9  | 23,9      | 26,0      | 27,6      | 17,1      | 22,8      | 24,8      | 26,3      |
|                     | 5                | 13       | 2 Ø12    | 21,2  | 28,3      | 30,7      | 32,6      | 16,7      | 22,3      | 24,2      | 25,7      |
| <b>NPB255SO</b>     | 6                | 30       | 2 Ø12    | Consúltenos   |           |           |           |           |           |           |           |

#### Rigidez

| Código del artículo | Fijaciones       |          |          | Rigidez - Madera C24 sobre madera C24 [kN] – 1 NPB255 |           |           |           |             |           |           |           |
|---------------------|------------------|----------|----------|---|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|
|                     | Plano de clavado | Ala A    | Ala B    | $k_{serR1}$   |           |           |           | $k_{serR2}$ |           |           |           |
|                     |                  | Cantidad | Cantidad | CNA4,0x35   | CNA4,0x50 | CNA4,0x60 | CSA5,0x50 | CNA4,0x35   | CNA4,0x50 | CNA4,0x60 | CSA5,0x50 |
| <b>NPB255</b>       | 1                | 11       | 15       | 1,87  | 2,50      | 2,71      | 6,29      | 1,42        | 1,89      | 2,05      | 4,76      |
|                     | 2                | 13       | 15       | 2,21  | 2,95      | 3,20      | 7,44      | 1,04        | 1,38      | 1,50      | 3,49      |
|                     | 3                | 30       | 34       | -   | -         | -         | -         | -           | -         | -         | 5,68      |
|                     | 4                | 11       | 2 Ø12    | 2,51  | 3,35      | 3,64      | 5,96      | 2,28        | 3,04      | 3,30      | 5,41      |
|                     | 5                | 13       | 2 Ø12    | 2,96  | 3,96      | 4,30      | 7,05      | 1,83        | 2,45      | 2,66      | 4,36      |
| <b>NPB255SO</b>     | 6                | 20       | 2 Ø12    | Consúltenos   |           |           |           |             |           |           |           |



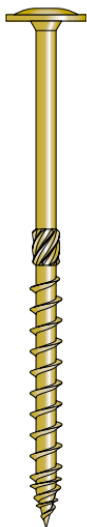
**Figura 25.** Características placa perforada NPB. (Conexiones y fijaciones para uniones CLT Simpson Strong-Tie).



**Figura 26.** Plano de clavado y productos complementarios.

### Tornillo para madera estructural de cabeza plana ESCR

Este tornillo no necesita ninguna perforación previa. Diseñados para las estructuras de maderas, los armazones y el CLT, se emplean en una amplia variedad de aplicaciones de la construcción profesional en madera.

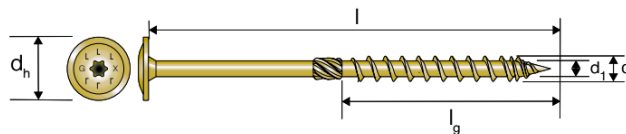


**Ventajas:**

- Cono doble: resistencia a la rotura
- Escariador: reduce la fricción y facilita la penetración
- Rosca asimétrica de paso grande y ranurada: resistencia al arranque y mejor salida del polvo
- Rosca secundaria antiagrietamiento: entrada perfecta incluso en maderas duras
- Cada caja incluye una punta de atornillado

**Campos de aplicación:**

- Madera maciza o laminada y elementos derivados de la madera para armazones
- Suelos de OSB sobre vigas en I y viguetas de madera maciza
- Montantes para colocar sistemas de aislamiento térmico exterior (ATE)



**Dimensiones**

|             |     |     |      |     |     |     |      |
|-------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|
| ESCR8,0X180 | 8,0 | 180 | 20,0 | 5,3 | 100 | 80  | T-40 |
| ESCR8,0X200 | 8,0 | 200 | 20,0 | 5,3 | 100 | 100 | T-40 |
| ESCR8,0X220 | 8,0 | 220 | 20,0 | 5,3 | 100 | 120 | T-40 |
| ESCR8,0X240 | 8,0 | 240 | 20,0 | 5,3 | 100 | 140 | T-40 |
| ESCR8,0X260 | 8,0 | 260 | 20,0 | 5,3 | 100 | 160 | T-40 |
| ESCR8,0X280 | 8,0 | 280 | 20,0 | 5,3 | 100 | 180 | T-40 |
| ESCR8,0X300 | 8,0 | 300 | 20,0 | 5,3 | 100 | 200 | T-40 |
| ESCR8,0X320 | 8,0 | 320 | 20,0 | 5,3 | 100 | 220 | T-40 |

|              |      |     |      |     |     |     |      |
|--------------|------|-----|------|-----|-----|-----|------|
| ESCR10,0X280 | 10,0 | 280 | 25,0 | 6,2 | 100 | 180 | T-50 |
| ESCR10,0X300 | 10,0 | 300 | 25,0 | 6,2 | 100 | 200 | T-50 |
| ESCR10,0X320 | 10,0 | 320 | 25,0 | 6,2 | 100 | 220 | T-50 |
| ESCR10,0X340 | 10,0 | 340 | 25,0 | 6,2 | 100 | 240 | T-50 |
| ESCR10,0X360 | 10,0 | 360 | 25,0 | 6,2 | 100 | 260 | T-50 |
| ESCR10,0X380 | 10,0 | 380 | 25,0 | 6,2 | 100 | 300 | T-50 |
| ESCR10,0X400 | 10,0 | 400 | 25,0 | 6,2 | 100 | 300 | T-50 |

Disponible en nuestro stock

**Figura 27.** Dimensiones (Conexiones y fijaciones para uniones CLT Simpson Strong-Tie).

| Código del artículo | Resistencia característica de cizalladura $R_{k,s}$ en función del grosor del panel h: |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                     | 120  | 140  | 160  | 180  | 200  | 220  | 240  | 280  | 300  |
| ESCR6,0X180         | 1,34   |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ESCR6,0X200         | 1,48   | 1,34 |      |      |      |      |      |      |      |
| ESCR8,0X220         | 2,79   |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ESCR8,0X240         | 2,79   | 2,79 |      |      |      |      |      |      |      |
| ESCR8,0X260         | 2,79   | 2,79 | 2,79 |      |      |      |      |      |      |
| ESCR8,0X280         | 2,79   | 2,79 | 2,79 | 2,79 |      |      |      |      |      |
| ESCR8,0X300         | 2,79   | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 |      |      |      |      |
| ESCR8,0X320         | 2,79   | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 |      |      |      |
| ESCR8,0X340         | 2,79   | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 |      |      |
| ESCR8,0X360         | 2,79   | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 |      |
| ESCR8,0X380         | 2,79   | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 |
| ESCR8,0X400         | 2,79   | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 | 2,79 |
| ESCR10,0X220        | 3,63   |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ESCR10,0X240        | 3,63   | 3,63 |      |      |      |      |      |      |      |
| ESCR10,0X260        | 3,63   | 3,63 | 3,63 |      |      |      |      |      |      |
| ESCR10,0X280        | 3,63   | 3,63 | 3,63 | 3,63 |      |      |      |      |      |
| ESCR10,0X300        | 3,63   | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 |      |      |      |      |
| ESCR10,0X320        | 3,63   | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 |      |      |      |
| ESCR10,0X340        | 3,63   | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 |      |      |
| ESCR10,0X360        | 3,63   | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 |      |
| ESCR10,0X380        | 3,63   | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 |
| ESCR10,0X400        | 3,63   | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 |

**Figura 28.** Resistencia cizalladura. (Conexiones y fijaciones para uniones CLT Simpson Strong-Tie).

Distancia mínima para los tornillos sometidos a cizalladura<sup>(1)</sup>

| Código del artículo | $a_1$ | $a_{1,c}$ | $a_{1,e}$ |
|---------------------|-------|-----------|-----------|
| ESCR6...            | 60    | 36        | 30        |
| ESCR8...            | 80    | 48        | 40        |
| ESCR10...           | 100   | 60        | 50        |

**Figura 29.** Distancia mínima en cizalladura (Según el informe técnico: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Blass, Dipl.-Ing Thomas Uibel. "Bemessungsvorschläge für Verbindungsmittel in Brettsperrholz" y el ETE-13/0796)

## Tornillo para madera estructural con cabeza fresada ESCRC

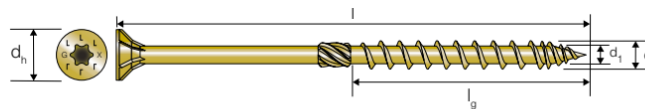


**Ventajas:**

- Fresado automático que minimiza la rotura bajo la superficie de la madera
- Cono doble: resistencia a la rotura
- Escariador: reduce la fricción y facilita la penetración
- Rosca asimétrica de paso grande y ranurada
- Rosca secundaria anti-grietamiento: entrada perfecta

**Campos de aplicación:**

- Madera maciza o laminada y elementos derivados de la madera para armazones
- Suelos de OSB sobre vigas en I y viguetas de madera maciza
- Montantes para colocar sistemas de aislamiento térmico exterior (ATE)



**Dimensiones**

| Código del artículo | d | l   | d <sub>h</sub> | d <sub>1</sub> | l <sub>g</sub> | t <sub>tx</sub> | ≡    |
|---------------------|---|-----|----------------|----------------|----------------|-----------------|------|
| ESCRC8,0X80         | 8 | 80  | 15             | 5,3            | 54             | 26              | T-40 |
| ESCRC8,0X100        | 8 | 100 | 15             | 5,3            | 54             | 46              | T-40 |
| ESCRC8,0X120        | 8 | 120 | 15             | 5,3            | 54             | 66              | T-40 |
| ESCRC8,0X140        | 8 | 140 | 15             | 5,3            | 84             | 56              | T-40 |
| ESCRC8,0X160        | 8 | 160 | 15             | 5,3            | 84             | 76              | T-40 |
| ESCRC8,0X180        | 8 | 180 | 15             | 5,3            | 100            | 80              | T-40 |
| ESCRC8,0X200        | 8 | 200 | 15             | 5,3            | 100            | 100             | T-40 |
| ESCRC8,0X220        | 8 | 220 | 15             | 5,3            | 100            | 120             | T-40 |
| ESCRC8,0X240        | 8 | 240 | 15             | 5,3            | 100            | 140             | T-40 |
| ESCRC8,0X260        | 8 | 260 | 15             | 5,3            | 100            | 160             | T-40 |
| ESCRC8,0X280        | 8 | 280 | 15             | 5,3            | 100            | 180             | T-40 |
| ESCRC8,0X300        | 8 | 300 | 15             | 5,3            | 100            | 200             | T-40 |
| ESCRC8,0X320        | 8 | 320 | 15             | 5,3            | 100            | 220             | T-40 |
| ESCRC8,0X340        | 8 | 340 | 15             | 5,3            | 100            | 240             | T-40 |
| ESCRC8,0X360        | 8 | 360 | 15             | 5,3            | 100            | 260             | T-40 |
| ESCRC8,0X380        | 8 | 380 | 15             | 5,3            | 100            | 280             | T-40 |

| Código del artículo | d  | l   | d <sub>h</sub> | d <sub>1</sub> | l <sub>g</sub> | t <sub>tx</sub> | ≡    |
|---------------------|----|-----|----------------|----------------|----------------|-----------------|------|
| ESCRC8,0X400        | 8  | 400 | 15             | 5,3            | 100            | 300             | T-40 |
| ESCRC10,0X120       | 10 | 120 | 18,5           | 6,2            | 60             | 60              | T-40 |
| ESCRC10,0X140       | 10 | 140 | 18,5           | 6,2            | 60             | 80              | T-40 |
| ESCRC10,0X160       | 10 | 160 | 18,5           | 6,2            | 100            | 60              | T-40 |
| ESCRC10,0X180       | 10 | 180 | 18,5           | 6,2            | 100            | 80              | T-40 |
| ESCRC10,0X200       | 10 | 200 | 18,5           | 6,2            | 100            | 100             | T-40 |
| ESCRC10,0X220       | 10 | 220 | 18,5           | 6,2            | 100            | 120             | T-40 |
| ESCRC10,0X240       | 10 | 240 | 18,5           | 6,2            | 100            | 140             | T-40 |
| ESCRC10,0x260       | 10 | 260 | 18,5           | 6,2            | 100            | 160             | T-40 |
| ESCRC10,0X280       | 10 | 280 | 18,5           | 6,2            | 100            | 180             | T-40 |
| ESCRC10,0X300       | 10 | 300 | 18,5           | 6,2            | 100            | 200             | T-40 |
| ESCRC10,0X320       | 10 | 320 | 18,5           | 6,2            | 100            | 220             | T-40 |
| ESCRC10,0X340       | 10 | 340 | 18,5           | 6,2            | 100            | 240             | T-40 |
| ESCRC10,0X360       | 10 | 360 | 18,5           | 6,2            | 100            | 260             | T-40 |
| ESCRC10,0X380       | 10 | 380 | 18,5           | 6,2            | 100            | 280             | T-40 |
| ESCRC10,0X400       | 10 | 400 | 18,5           | 6,2            | 100            | 300             | T-40 |

**Figura 30.** Dimensiones (Conexiones y fijaciones para uniones CLT Simpson Strong-Tie).

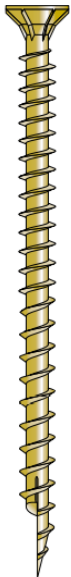
#### Parámetros de cálculo

| Código del artículo | Momento de flujo plástico característico $M_{yk}$ [Nmm] | Parámetro de resistencia característica al arranque $f_{ax,k,90^\circ}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | Parámetro de resistencia característica de incrustación de la cabeza $f_{head,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | Capacidad resistente característica de tracción $f_{tens,k}$ [kN] |
|---------------------|---|--|--|---|
| ESCRC8...           | 22.600  | 10,7   | 12,4   | 22,7  |
| ESCRC10...          | 33.000  | 9,5  | 12,2   | 33,2  |

**Figura 31.** Parámetro de cálculo. (Conexiones y fijaciones para uniones CLT Simpson Strong-Tie)

### Tornillo estructural con cabeza fresada de rosca completa ESCRFTC

El tornillo estructural con cabeza fresada totalmente roscado ESCRFTC es ideal para las uniones de madera-madera y herrajes-madera.

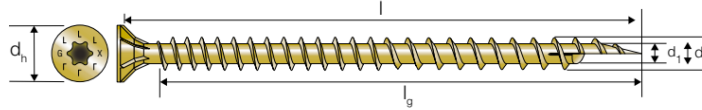


#### Ventajas:

- Cabeza fresada: Ideal para la fijación de madera-madera y herraje-madera
- Nervios de fresado bajo la cabeza: acabado de la superficie de madera sin rotura
- Rosca asimétrica integral: aumenta los valores de resistencia al arranque y de compresión
- Semipunta: reduce la distancia al borde, disminuye el par de apriete al 50 %, entrada en posición oblicua

#### Campos de aplicación:

- Uniones de herraje-madera y madera-madera
- Refuerzos
- Montantes para colocar sistemas de aislamiento térmico exterior (ATE)



Dimensiones

| Código del artículo | d    | l   | d <sub>h</sub> | d <sub>i</sub> | l <sub>g</sub> |      |    |
|---------------------|------|-----|----------------|----------------|----------------|------|----|
| ESCRFTC8,0X120      | 8,0  | 120 | 15,0           | 5,2            | 110            | T-40 | 60 |
| ESCRFTC8,0X140      | 8,0  | 140 | 15,0           | 5,2            | 130            | T-40 | 60 |
| ESCRFTC8,0X160      | 8,0  | 160 | 15,0           | 5,2            | 150            | T-40 | 50 |
| ESCRFTC8,0X180      | 8,0  | 180 | 15,0           | 5,2            | 170            | T-40 | 50 |
| ESCRFTC8,0X200      | 8,0  | 200 | 15,0           | 5,2            | 190            | T-40 | 50 |
| ESCRFTC8,0X220      | 8,0  | 220 | 15,0           | 5,2            | 210            | T-40 | 50 |
| ESCRFTC8,0X240      | 8,0  | 240 | 15,0           | 5,2            | 230            | T-40 | 50 |
| ESCRFTC8,0X260      | 8,0  | 260 | 15,0           | 5,2            | 250            | T-40 | 50 |
| ESCRFTC8,0X280      | 8,0  | 280 | 15,0           | 5,2            | 270            | T-40 | 50 |
| ESCRFTC8,0X300      | 8,0  | 300 | 15,0           | 5,2            | 290            | T-40 | 50 |
| ESCRFTC8,0X350      | 8,0  | 350 | 15,0           | 5,2            | 340            | T-40 | 50 |
| ESCRFTC8,0X400      | 8,0  | 400 | 15,0           | 5,2            | 390            | T-40 | 50 |
| ESCRFTC8,0X450      | 8,0  | 450 | 15,0           | 5,2            | 427            | T-40 | 50 |
| ESCRFTC10,0X120     | 10,0 | 120 | 18,5           | 6,1            | 108            | T-50 | 50 |
| ESCRFTC10,0X160     | 10,0 | 160 | 18,5           | 6,1            | 148            | T-50 | 50 |
| ESCRFTC10,0X180     | 10,0 | 180 | 18,5           | 6,1            | 168            | T-50 | 50 |
| ESCRFTC10,0X200     | 10,0 | 200 | 18,5           | 6,1            | 188            | T-50 | 50 |
| ESCRFTC10,0X220     | 10,0 | 220 | 18,5           | 6,1            | 208            | T-50 | 50 |
| ESCRFTC10,0X240     | 10,0 | 240 | 18,5           | 6,1            | 228            | T-50 | 50 |
| ESCRFTC10,0X260     | 10,0 | 260 | 18,5           | 6,1            | 248            | T-50 | 50 |
| ESCRFTC10,0X280     | 10,0 | 280 | 18,5           | 6,1            | 268            | T-50 | 50 |
| ESCRFTC10,0X300     | 10,0 | 300 | 18,5           | 6,1            | 288            | T-50 | 50 |
| ESCRFTC10,0X350     | 10,0 | 350 | 18,5           | 6,1            | 338            | T-50 | 50 |
| ESCRFTC10,0X400     | 10,0 | 400 | 18,5           | 6,1            | 388            | T-50 | 50 |
| ESCRFTC10,0X450     | 10,0 | 450 | 18,5           | 6,1            | 426            | T-50 | 50 |
| ESCRFTC12,0X200     | 10,0 | 200 | 20,0           | 6,8            | 180            | T-50 | 25 |
| ESCRFTC12,0X220     | 12,0 | 220 | 20,0           | 6,8            | 200            | T-50 | 25 |
| ESCRFTC12,0X240     | 12,0 | 240 | 20,0           | 6,8            | 220            | T-50 | 25 |
| ESCRFTC12,0X260     | 12,0 | 260 | 20,0           | 6,8            | 240            | T-50 | 25 |
| ESCRFTC12,0X280     | 12,0 | 280 | 20,0           | 6,8            | 260            | T-50 | 25 |
| ESCRFTC12,0X300     | 12,0 | 300 | 20,0           | 6,8            | 280            | T-50 | 25 |
| ESCRFTC12,0X350     | 12,0 | 350 | 20,0           | 6,8            | 330            | T-50 | 25 |
| ESCRFTC12,0X400     | 12,0 | 400 | 20,0           | 6,8            | 380            | T-50 | 25 |
| ESCRFTC12,0X450     | 12,0 | 450 | 20,0           | 6,8            | 430            | T-50 | 25 |
| ESCRFTC12,0X500     | 12,0 | 500 | 20,0           | 6,8            | 480            | T-50 | 25 |
| ESCRFTC12,0X600     | 12,0 | 600 | 20,0           | 6,8            | 580            | T-50 | 25 |

Figura 32. Dimensiones (Conexiones y fijaciones para uniones CLT Simpson Strong-Tie).

Parámetros de cálculo

| Código del artículo | Momento de flujo plástico característico $M_{y,k}$ [Nmm] | Parámetro de resistencia característica al arranque $f_{ax,90}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | Parámetro de resistencia característica de incrustación de la cabeza $f_{tens,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | Capacidad resistente característica de tracción $f_{tens,k}$ [ $f_{tens,k}$ ] [kN] |
|---------------------|--|--|--|--|
| ESCRFTC8...         | 20.300   | 13,1   | 12,4   | 24,1   |
| ESCRFTC10...        | 36.700   | 12,5   | 12,2   | 40   |
| ESCRFTC12...        | 48.500   | 11,2   | 10,3   | 46,7   |

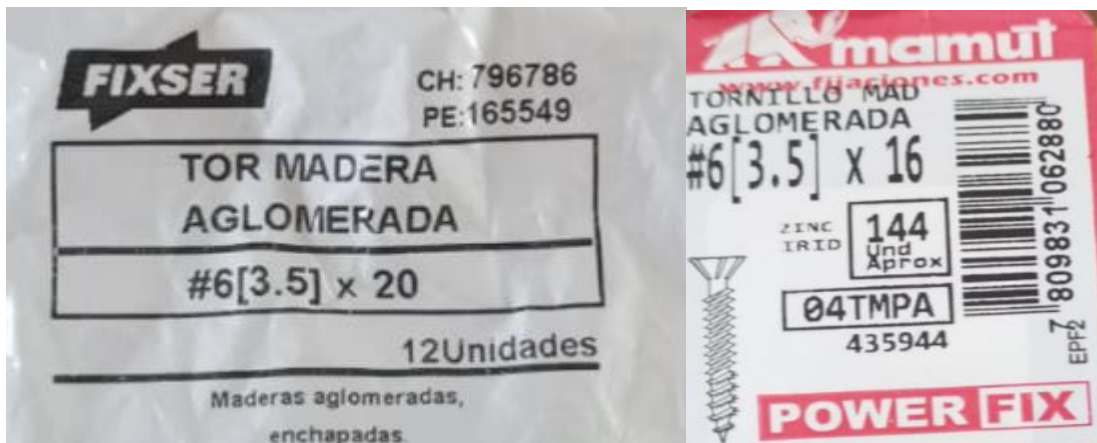
Figura 33. Parámetros de cálculo (Conexiones y fijaciones para uniones CLT Simpson Strong-Tie).

### CAPITULO 3: ANALISIS DE CRITERIOS CONSTRUCTIVOS EN CLT SOMETIDO A ESFUERZOS SÍSMICOS.

#### MODELACIÓN EDIFICIO DE 5 PISOS EN CLT

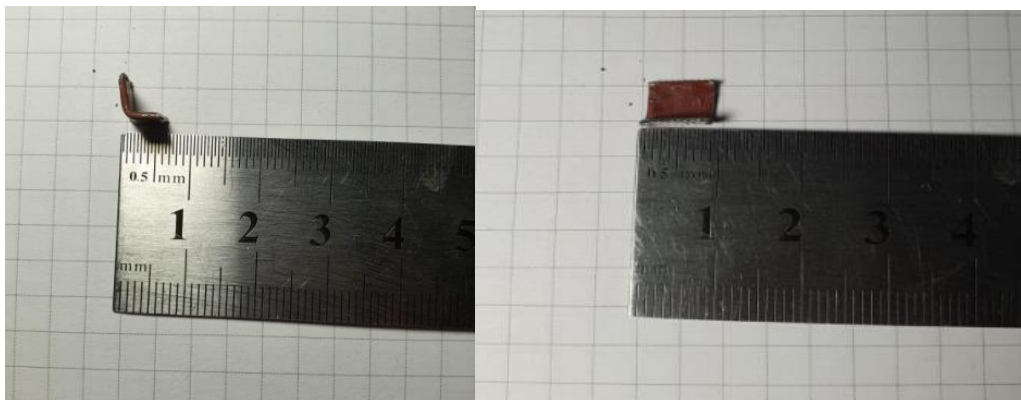
Se realizó una modelación de un edificio de 5 pisos en madera, con la finalidad de analizar el comportamiento de los conectores. Este modelo se realizó con terciado estructural pino

12mm, conectores de zinc de 0,35 mm espesor y tonillos completamente roscados de #6[3,5] X 20 y #6[3,5]x 16.

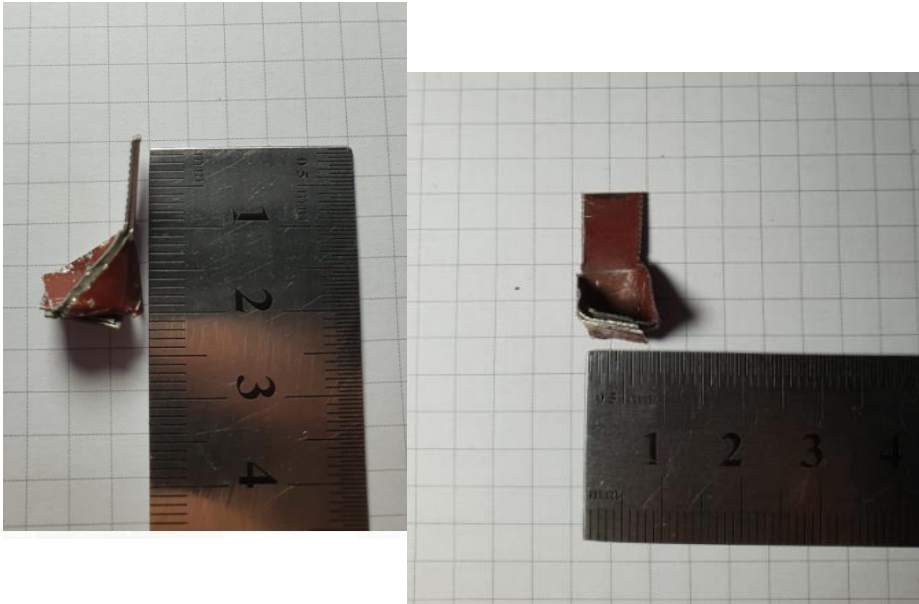


**Figura 34.** Tornillos utilizados.

El modelo de 5 pisos se realizó en una escala 1:50 (paneles y conectores). Este modelo cuenta con conectores disipativos de pared a suelo anti balanceo en las esquinas de los paneles, mientras que a lo largo de los paneles se utilizaron conectores disipativos de pared a suelo contra el deslizamiento, para estos conectores se utilizo pernos de #6[3,5]x 16 .Las uniones de muro a muro en esquinas y muros perimetrales a losa se realizaron con pernos roscado de tamaño #6[3,5] X 20. Las uniones que se fijaron a la base del modelo fueron con tornillos #6[3,5] X 20, los que igual si utilizo en techumbre.



**Figura 35.** conectores disipativos de pared a suelo contra el deslizamiento.



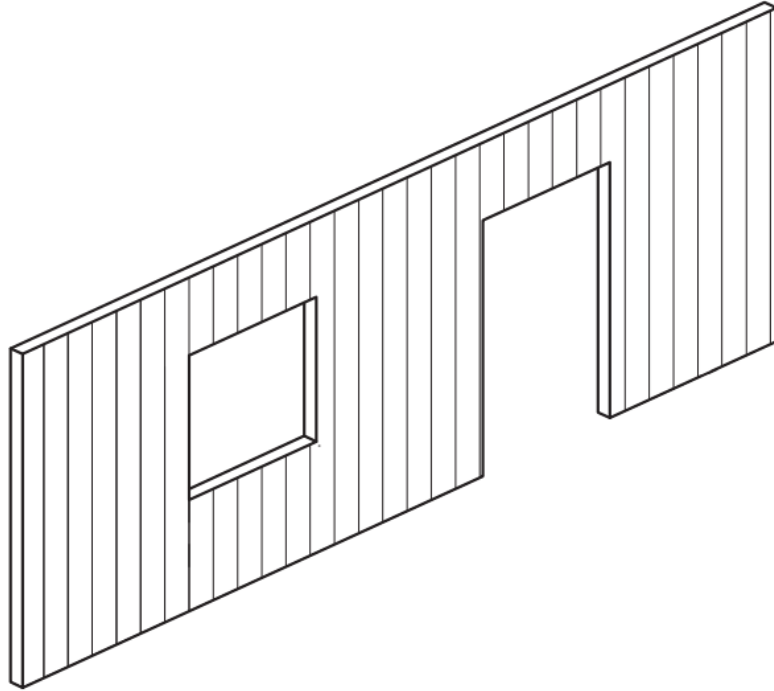
**Figura 36.** conectores disipativos de pared a suelo anti balanceo.

El proceso se llevó a cabo ensamblando piso por piso, instalando los paneles de pared, incluidas todas las conexiones, antes de colocar los paneles de piso en la parte superior de las paredes.

En el primer piso se usaron 30 conectores y estos se mantienen hasta el tercer piso, el cuarto y quinto piso tienen 25 conectores por piso.

Una condición fundamental para asegurar el correcto trabajo de las edificaciones, es mantener cierta regularidad del sistema estructural tanto en planta como en elevación, entre los problemas estructurales más comunes y peligrosos encontramos el llamado primer piso blando. Este problema se presenta cuando el primer entrepiso de un edificio cuenta con una rigidez considerablemente menor en relación con el siguiente nivel, por lo que el primer piso de nuestro modelo cuenta con paredes de 24 mm para evitar un suelo blando, en los otros niveles encontramos paredes de 12 mm. En cuanto a losas, se utilizó el mismo grosor de 12 mm para todos los pisos.

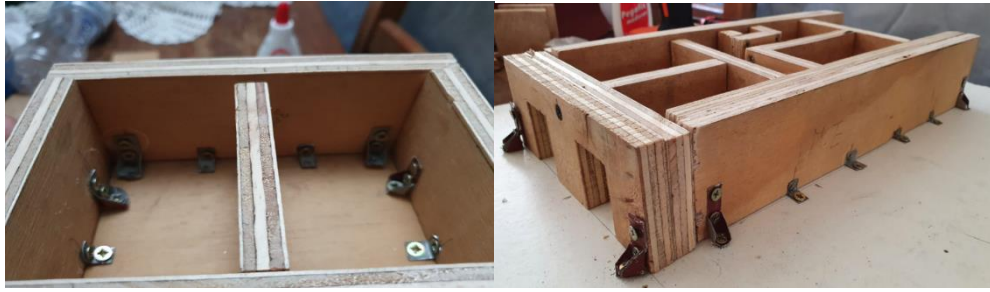
El edificio se ensambló utilizando grandes muros monolíticos (elemento único y manteniendo la misma disposición de los muros CLT incluso en los dinteles.)



**Figura 37.** Esquema de un muro CLT con aberturas obtenidas por el corte del panel.



**Figura 37.** Corte de muros modelo edificio 5 pisos



**Figura 38.** Tercer y primer piso (proceso construcción)



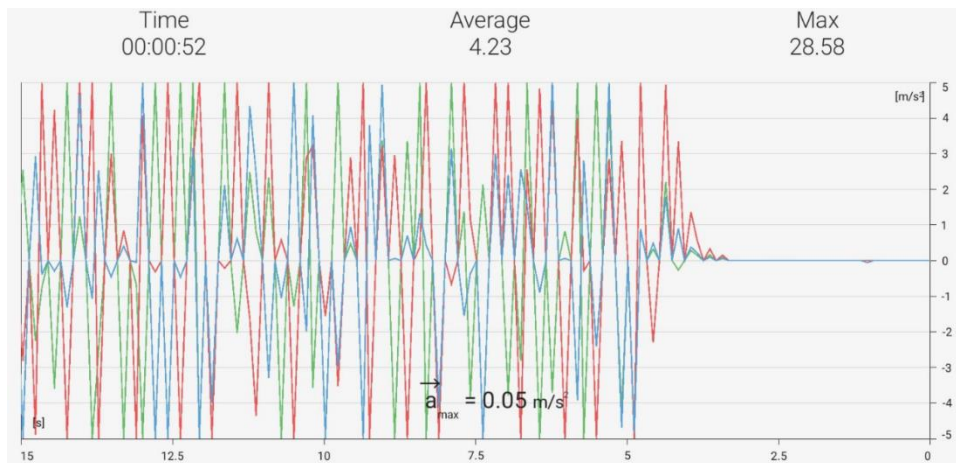
**Figura 39.** Ensamble muros perimetrales e interiores.

### **SECUENCIA DE PRUEBA**

El edificio de 5 pisos fue probado en un tamiz eléctrico, que trabaja con fuerzas de 2g a 3g, con la finalidad de simular un movimiento sísmico. Se aseguro la base del modelo al tamiz con el fin de evitar movimientos inadecuados, así lograr una correcta modelación. Se realizaron 3 pruebas de 1 min, con la finalidad de exigir al modelo a situaciones reales. Se utilizo una Aplicación para medir la aceleración en el último piso y así poder obtener más información de esta modelación.



**Figura 40.** Simulación modelo edificio de 5 pisos.



**Figura 41.** Valor de aceleración temporal más alto.

## **ANÁLISIS RESULTADOS OBSERVADOS**

Luego de modelar el edificio de 5 pisos a escala en el tamiz para simular un sismo de gran envergadura, se retiró el modelo del tamiz y se revisaron los conectores piso por piso. No se han medido explícitamente otras deformaciones como el deslizamiento entre paneles de suelo o la deformación de la unión con tornillos entre forjados y muros inferiores, ya que fueron diseñados para ser muy rígidos. Se observó que los conectores de tracción y corte en la base del modelo no sufrieron daño, por lo que no existe necesidad de reemplazar alguno de estos, sin embargo, se requiere de reapreté en 1 o 2 conectores de sujeción.

En los pisos superiores ya sea en muros perimetrales o interiores no se aprecian daños, deformaciones ni extracción de pernos en conectores por lo que la única intervención que se podría requerir es de reapriete en pernos de los conectores

Los paneles no sufrieron daños visibles por cizalladura, no se aprecia deslizamiento muros interiores ni inclinación de estos.

Se aprecia un buen estado del modelo, este no sufrió daños y estuvo muy lejos de colapsar o de llegar a un casi colapso (de fallar 2 o más conectores) por lo que no requiere de más modelación del edificio de 5 pisos a escala.



**Figura 42.** Conectores panel/ cimientos antes y después de simular



**Figura 43.** Revisión de conectores tercer piso.

## **CONCLUSIÓN**

El material CLT presenta ventajas en su peso propio, rapidez en ejecución y bajos costos, así se incorpora un material sostenible y reciclable a la construcción, es un material rígido y su futuro en la construcción va de la mano con conectores eficientes, que estén en su correcta posición y en cantidades adecuadas. En la modelación se abarco todos estos aspectos. Los resultados de las pruebas indican que la cantidad y posición de los conectores señalados y utilizados en la modelación son muy factibles para una construcción en mediana altura con buen desempeño en zonas sísmicas, ya que el modelo no se presentó fallas frágiles, ni fallas en conectores.

**UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA**

**SEDE CONCEPCION**

**“REY BALDUINO DE BELGICA”**

**UNIONES PARA CLT EN EDIFICIOS DE MEDIANA ALTURA EN ZONAS  
SISMICAS**

**TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CONSTRUCTOR**

**Alumno: Martin Castro Cruces**

**Profesor Guía: Sergio Hernández**

**2021**

