



*ugr*

Universidad  
de **Granada**

**Master de Estructuras**

**Afana Midžić**

**MADERA ACOPLADA CON METAL**

**- la tesis de master-**

**Granada, año 2010/2011.**



*ugr*

Universidad  
de **Granada**

**Master de Estructuras**

**Afana Midžić**

**MADERA ACOPLADA CON METAL**

**- la tesis de master-**

**Tutor:**

**Luisa María Gil Martín**

**Lector:**

**Jelisaveta Tucović**

**Granada, año 2010/2011.**

## ÍNDICE:

ÍNDICE.....	1
1. INTRODUCCIÓN	
1.1. La historia del desarrollo de la construcciones de madera.....	3
1.2. Las tendencias de desarrollo futuro de las construcciones de madera.....	4
2. LA MADERA EN LA COMPETICIÓN CON OTROS MATERIALES CONSTRUCTIVOS	
2.1. Las ventajas de madera desde el aspecto de propiedades técnicas de materiales.....	6
2.1.1. La comparación de propiedades físicas de materiales.....	6
2.1.2. La comparación de propiedades mecánicas.....	7
2.1.3. La relación entre propiedades físicas y mecánicas.....	7
2.1.4. La comparación de propiedades estéticas.....	9
2.2. La tecnología y aplicación de madera acoplada con otros materiales.....	9
3. LA TECNOLOGÍA DE MADERA	
3.1. La estructura de árbol.....	10
3.1.1. La estructura macroscópica de árbol.....	10
3.1.2. La estructura microscópica (histológica) de árbol.....	11
3.1.3. La estructura submicroscópica de árbol.....	11
3.1.4. Los errores en árbol.....	11
3.2. Las propiedades técnicas de madera.....	13
3.2.1. Propiedades físicas.....	13
3.2.2. Propiedades físico-químicas.....	13
3.2.3. Propiedades mecánicas.....	14
3.2.3.1. La dureza.....	14
3.2.3.2. La resistencia al desgaste.....	14
3.2.3.3. Elasticidad.....	15
3.2.3.4. Resistencia.....	15
3.2.4. Propiedades reológicas.....	19
4. LA TECNOLOGÍA DE MADERA ACOPLADA CON METAL	
4.1. La tecnología de la producción de elementos de madera acoplados con metal.....	21
4.2. Tipos de conectores de metal para madera.....	21
4.2.1. Clavos.....	22
4.2.2. Tornillos y mandriles.....	22
4.2.3. Tornillos para madera.....	23
4.2.4. Placas dentadas.....	23
4.2.5. Clavijas patentadas.....	25
4.3. Uniones de madera con metal.....	26

4.3.1. Uniones con clavos.....	26
4.3.2. Uniones con tornillos y mandriles.....	30
4.3.3. Uniones con tornillos para madera.....	34
4.3.4. Uniones con placas dentadas.....	36
4.3.5. Uniones con clavijas patentadas.....	38
4.3.6. Sistemas de construcciones pretensadas de madera.....	42
4.3.6.1. Pretensión con cables dentro de sección.....	42
4.3.6.2. Pretensión con cables afuera de sección.....	43
4.3.7. Las vigas de madera reforzadas con placas de acero.....	45
4.3.8. Patentes de uniones de madera con metal.....	46
4.3.8.1. Madera laminada reforzada.....	46
4.3.8.2. Columna madera – metal.....	51
4.3.8.3. Columna híbrida de metal para sistema de marcos madera – metal.....	54
5. COMPORTAMIENTO DE VIGA PRETENSADA CON CABLES.....	
5.1. El sistema de apoyos.....	58
5.1.1. El efecto de apoyos.....	58
5.1.2. El cálculo aproximado del sistema de apoyos.....	58
5.1.3. El impacto de deformaciones.....	59
5.2. La aplicación de la fuerza externa de pretensión.....	60
5.2.1. Idea y objetivo de pretensión.....	60
5.2.2. El cálculo de la fuerza de pretensión.....	61
5.2.2.1. La viga 1 (sin pretensión).....	63
5.2.2.2. La viga 2 (pretensada con un cable).....	65
5.2.2.3. La viga 3 (pretensada con dos cables).....	67
5.2.3. La comparación entre tres modelos de la viga.....	69
5.3. Las ventajas y defectos de este sistema.....	69
5.4. Los detalles de conexiones.....	70
6. CONCLUSIÓN.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	74
ANEXOS.....	
A. Anexo 1.....	77
B. Anexo 2.....	87
C. Anexo 3.....	92
D. Anexo 4.....	113
Anexo 5.....	120
Anexo 6.....	127
E. Anexo 7.....	136

## 1. INTRODUCCIÓN

La madera, como el material constructivo, se usa desde el principio de construcción, y junto con piedra constructiva representa uno de los más viejos materiales constructivos.

### 1.1. La historia del desarrollo de las construcciones de madera

Las primeras construcciones de madera existen desde el paleolítico, cuando empiezan usarse para cubrir los refugios subterráneos, cuevas y pozos. Con el tiempo, el hombre empieza a construir por encima del suelo con construcciones principalmente de madera combinada con tierra y piedra. Allí es donde aparecen primeros principios de construcción con madera. Primero aparece el sistema constructivo de esqueleto compuesto de los elementos verticales puntuados en la tierra y elementos horizontales incrustados, y después los superficies de madera hechos de los elementos horizontales (cilindros) apilados y alternativamente conectados en los fines. Dependiendo de la región – del clima y la riqueza de la naturaleza, y con eso de la calidad de madera, el nivel del desarrollo de sociedad, se desarrollan sistemas de construcciones diferentes, más complicadas. Así, en el norte de Europa, la madera se usa ampliamente para la construcción de megarones (los espacios formados de la madera masiva). En el Mediterráneo se hacen construcciones de la madera más pequeña, y en las regiones de pantanos se hacen construcciones por encima del terreno. Durante el gran Migración se expresa especialmente el uso de la madera, cuando aparecen las primeras construcciones de techos apoyados contra los pilares verticales, de chalets y de sistemas de mástiles. Primeros sistemas entramados de madera se construyen en Europa.

En el desarrollo de construcciones de madera en la mayor medida contribuyó la construcción de puentes de madera, donde se empiezan a desarrollar los sistemas de vigas de cortos alcances y pequeñas cargas. Con el tiempo, las construcciones de puentes se convierten en más complicados, y aparecen sistemas con apoyos verticales y travesaños, y en el antigüedad se hacen primeros puentes de pontones. Adquiriendo la experiencia y el conocimiento sobre la madera como el material constructivo y de sus posibilidades, se empiezan a superar obstáculos de largos alcances (hasta 34,0 m), usando hasta sistemas de consolas. El sistema de ‘puentes volantes’ se desarrolla en la antigua India y China. La civilización Romana trae consigo nuevas, más audaces construcciones de techos de madera y construcciones características de puentes. Existen y registros de ese periodo sobre los conocimientos sobre madera.

El sistema constructivo siguiente en la historia del desarrollo de construcciones de madera, también en el periodo de civilizaciones antiguas, es el sistema de rejillas cual representa el precursor de sistema de percha.

Muchas construcciones de madera mencionadas hasta ahora no están conservadas hasta hoy. Los edificios sagrados del periodo Romano solo tienen conservados los restos de los techos de madera. La mayoría de construcciones antiguas de madera se pueden encontrar en el

Lejano Oriente. Allí se han realizado construcciones de madera muy específicas cuales muestran la creatividad de constructores en esa época.

El desarrollo de construcciones de madera modernas se asocia con el periodo del siglo XVI cuando se ha establecido la base para el desarrollo de perchas de madera y estructuras de arco.

Hasta el siglo XIX la mayoría de estructuras de madera son el producto de tradición y de intuición de los constructores de esa época, y su desarrollo es bastante lento. El progreso en el desarrollo de estructuras de madera se puede ver en unos ejemplos de puentes construidos como el puente sobre el río Limat cerca de Wetingen (Suiza, año 1778.) y el puente de Paladio sobre el canal en Utrecht. La característica de estos es la construcción de techo para proteger la construcción de carril y de abarco del desgaste. Las construcciones de percha específicas de T. Palmer, como el modelo de la construcción de arco en el puente de madera sobre el río Neva del lapso de 300 m de I.P. Kulibin hechos en fin del siglo XVIII también son ejemplos del desarrollo de las estructuras de madera.

Desde el siglo XIX hasta hoy se desarrollan construcciones específicas de percha, de apoyos sencillos y complejos, sistemas combinados y construcciones de arco hechos de madera. Desarrollando esos sistemas a través del tiempo aparecen construcciones modernas de hoy, cuyo desarrollo rápido depende de la aparición de medios de acoplamiento modernos (clavos y pegamentos).

## **1.2. Las tendencias de desarrollo futuro de las construcciones de madera**

Las cuestiones de la protección del Medio Ambiente preocupan más y más al hombre. Con el desarrollo de la sociedad y la tecnología de negocios, la explotación del bosque es cada vez más grande con, más presente, uso irracional de los recursos forestales. Somos testigos de conversión, cada día más grande, de áreas forestales en tierras de cultivo, en zonas infraestructurales, industriales o urbanas.

Con el corte de un árbol, además de que se disminuye el consumo de CO<sub>2</sub>, en el mismo tiempo se contamina adicionalmente el ambiente con la liberación del CO<sub>2</sub> acumulado en el árbol. Los culpables principales para el disminuyo de la cantidad de bosques, y con eso la cantidad del árbol tecnológico, son la industrialización sin control, el robo del terreno forestal para las necesidades de la agricultura y ganadería, de la construcción de carreteras y otros contenidos de la infraestructura e instalaciones de fabricación de energía, y allí solo el pequeño parte tiene la explotación de bosques para el árbol tecnológico.

Teniendo en cuenta que madera se usa en diferentes propósitos, cuales son diferentes dependiendo del grado de valor, el conocimiento de propiedades técnicas de madera representa el imperativo para su uso adecuado.

En el mercado se encuentran numerosos materiales nuevos basados en la madera, cuales se usan con éxito en las estructuras arquitectónicas y de ingeniería. Nuevos métodos del cálculo de construcciones permiten mejor perspectiva del trabajo de la estructura en el espacio, los detalles de uniones y elementos de la construcción.

La tendencia del desarrollo de estructuras de madera en el mundo impone más y más uniones y combinaciones de madera (o productos de madera) con otros materiales (hormigón armado, acero, polímeros y otros). En la unión de madera con otros materiales, nuevas oportunidades de análisis con cálculo de elementos y detalles, como y la construcción en total, la posibilidad de ‘regular’ el valor de estrés y de deformación, se ve la oportunidad para el futuro desarrollo de las construcciones de madera. Estas, seguramente construcciones muy atractivas, con la selección y uso de material adecuado encuentran el uso en diferentes tipos de las estructuras arquitectónicas y de ingeniería, y por la posibilidad de la industrialización completa de su construcción justifican y la economía.

En este trabajo se va a mostrar el análisis de diferentes tipos de acoplamiento de madera con metal donde se puede ver los más adecuados en sentido de no ruinar la belleza visual y estructural de madera.

## **2. LA MADERA EN LA COMPETICIÓN CON OTROS MATERIALES CONSTRUCTIVOS**

Por mucho tiempo, la madera fue usada como el material para las estructuras temporales, o solo encontraba su uso en algunas partes de las estructuras constantes. Hoy, con el desarrollo de tecnología moderna para la producción de estructuras de madera y con la aparición de materiales modernos con la base de madera, el uso de madera como material principal de las construcciones de soporte es cada vez más frecuente. El avance súbito de construcciones de madera es el producto del conocimiento de madera como material y el uso de pegamentos y uniones de calidad.

Con la comparación de ventajas y defectos de básicos materiales de construcción se justifica la declaración que la madera es un material concurrente en la construcción de estructuras modernas.

### **2.1. Las ventajas de madera desde el aspecto de propiedades técnicas de materiales**

Las propiedades cruciales de algún material para su uso en construcciones de edificios son las propiedades físicas, mecánicas y estéticas.

#### **2.1.1. La comparación de propiedades físicas de materiales**

Comparando las propiedades físicas de madera con propiedades de acero y hormigón armado, como materiales más usados para la construcción de soporte en las estructuras arquitectónicas, en mayor parte se destaca la poca densidad de madera. Por ejemplo, la madera es trece veces más ligera que el acero y cuatro veces más ligera que el hormigón, que muchas veces tiene la importancia crucial del parte económico cuando se elige el material. La poca sensibilidad de madera para los cambios de temperatura, también, representa una de las ventajas de este material desde el punto de vista de su uso en construcciones como desde el punto de vista de tratamiento estructural de los elementos constructivos y la entera construcción en total. La dilatación térmica es en la dirección de fibras, y comparado con acero y hormigón, es insignificante debido a la aparición de la contracción como la consecuencia del secamiento. La conductividad del aire es una de las propiedades más favorables y es de gran interés para su uso. La madera tiene la propiedad de resonancia, absorción y aislamiento, y basado en estas características es posible verificar la calidad de madera muy fácil. Con la pura posesión de estas propiedades, la madera se convierte en un material insustituible para la obtención de efectos acústicos. La madera es también el mal conductor de la electricidad, pero todo depende del nivel de humedad. La combustibilidad de madera al principio parece como una característica que no podría ser una ventaja pero, en la primera fase del fuego, la madera es más resistente que acero debido a la mala conductividad térmica y al proceso de carbonización del capó superficial del elemento, que representa el aislamiento y retrasa la combustión adicional de la masa de madera.



2.1.2. La comparación de propiedades mecánicas

De las propiedades mecánicas, la fuerza paralela a fibras se destaca especialmente. La fuerza de madera y clases de calidad son mayor que algunos clases de hormigón para algunos tipos de tensión. En la imagen 2.1.a se puede ver que la varilla de madera ( $E''=1100 \text{ kN/cm}^2$ ) tensado en desviación para la esbeltez  $\lambda=50$  y la varilla del hormigón reforzado C25/30 de la misma esbeltez tienen las mismas tensiones permitidas, o sea para la varilla de madera de la esbeltez  $\lambda=90$  corresponde la varilla del hormigón reforzado C16/20. La relación entre tensiones permitidas de madera y hormigón para la flexión es mostrada en la imagen 2.1.b donde se ve que el conífero del clase I y el hormigón reforzado del clase C28/35. De esos gráficos se puede ver que madera, como material constructivo, puede competir con el hormigón en el sentido de llevar las cargas.

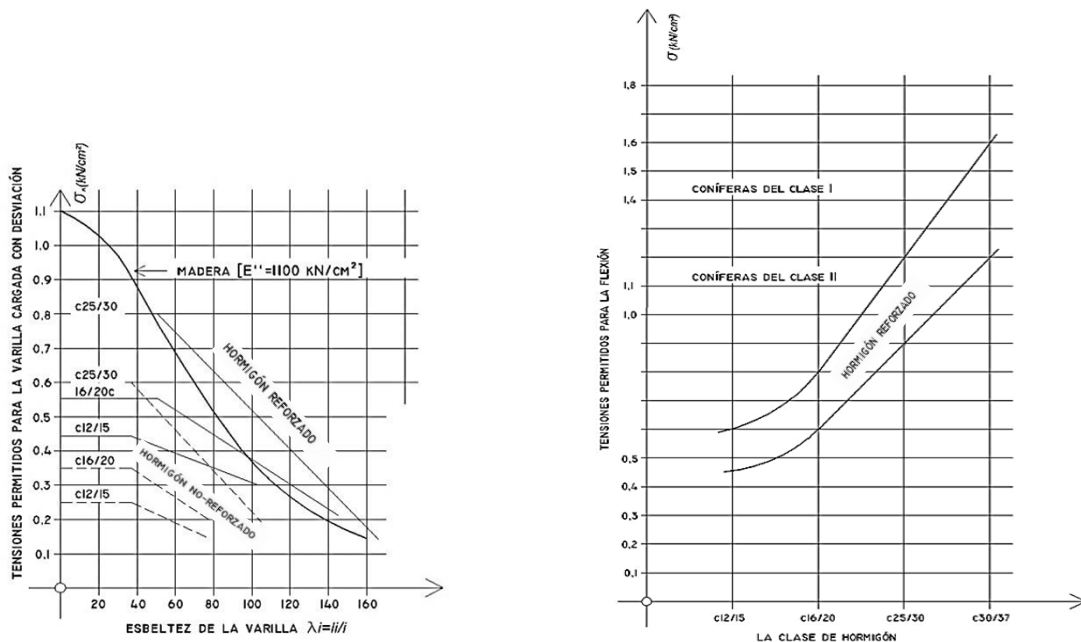


Imagen 2.1. – tomada de [3]

2.1.3. La relación entre propiedades físicas y mecánicas

Teniendo en cuenta la estructura específica de la madera, como un material no homogéneo y anisótropo, las propiedades mecánicas de este material pueden competir con un material homogéneo como acero. Los dos materiales tienen grandes fuerzas en algunas tensiones, pero también, estas características dependen mucho de condiciones de entorno en que se encuentran. Eso significa que la mayor tarea del diseñador es que, con el conocimiento de propiedades técnicas de materiales constructivos, evalúa y concluye correctamente sobre sus usos.

La madera tiene muchas propiedades adversas como: anisotropía y calidad condicionada con diferentes factores biológicos (crecimiento de madera, errores en la madera, posibilidad

de podrecimiento, influencia de setas e insectos), propiedades mecánicas dependen del nivel de la humedad, y efectos de contracción e hinchazón como la consecuencia de porosidad.

Los defectos más grandes de acero, como un material constructivo, son la gran conductividad térmica que considerablemente reduce sus propiedades mecánicas en condiciones de fuego como y grandes dilataciones térmicas, cuales consideran un tratamiento estructural especial de elementos hechos de ese material. El fenómeno de corrosión de material todavía es el problema principal en durabilidad de construcciones de acero.

El hormigón representa un material más usado en estructuras modernas dado a sus propiedades elastomecánicas, como a la facilidad de implemento y formación. Sin embargo, hormigón tiene un numero de defectos como y todos otros materiales. Los fenómenos de contracción y flujo de hormigón se pueden superar con éxito en la práctica de construcción, y por tanto el mayor defecto de este material se considera su densidad.

La relación de la densidad y tensión permitida de algún material representa un parámetro más adecuado para comparar materiales desde el punto de vista de la economía de uso en estructura. Con esta relación se indica el parte que ocupa el peso propio de elemento en la carga total, o sea el impacto de cargas propias sobre la magnitud de tensión de elementos constructivos. La tabla 2.1. representa la relación entre la densidad y tensiones permitidos de flexión de materiales considerados.

Material	$\sigma_{per}/\gamma \left[ \frac{kN/m^2}{kN/m^3} \right]$		
Hormigón reforzado (C12/15 – C40/50)	$\frac{6000}{25.0} = 240$	hasta	$\frac{18500}{25.0} = 140$
Acero	$\frac{140000}{78.5} = 1783$	hasta	$\frac{240000}{78.5} = 3057$
La madera laminada pegada	$\frac{14000}{5.0} = 2800$	hasta	$\frac{16200}{7.0} = 2314$
Construcciones clásicas de madera	$\frac{10000}{6.0} = 1667$	hasta	$\frac{12000}{8.0} = 1500$

De la tabla se puede ver que el hormigón reforzado tiene la tensión permitida más pequeña comprado con su densidad, y la madera laminada queda atrás de aceros de gran calidad por solo 15%. Significa que un portador de madera, cuyas dimensiones de la sección directamente dependen del peso propio y carga útil, dado a su pequeño peso propio, puede recibir la carga útil más grande en comparación con portadores hechos de otros materiales considerados. Un portador del hormigón reforzado con el aumento del alcance recibe una terea más complicada de cargar el peso total donde un parte significativa tiene y el peso propio (hasta 70%), y por eso, un cargador de madera es más económico desde el punto de vista de cargo de peso útil.

#### 2.1.4. Comparación de propiedades estéticas

La arquitectura moderna y la construcción exigen de los constructores el uso de materiales y construcciones nuevos. Además de la funcionalidad, cargamento y economía, las construcciones modernas tienen que satisfacer y requisitos estéticos del hombre y su medio ambiente.

El espacio arquitectónicamente formado dentro de cual el hombre vive y trabaja tiene que producir los efectos psicológicos cuales son el resultado de la relación de formas y dimensiones del espacio formado, el equilibrio entre proporciones, luces, colores y acústica del espacio y la experiencia de la calidad de material usado.

La madera es un material cercano al hombre, lo sigue toda la vida produciendo sentimientos psicológicos positivos de comodidad, satisfacción, seguridad, tranquilidad i otros. Siempre se puede reconocer por sus propiedades estéticas experimentados con sentidos de vista, oída, olor, toco y hasta el sabor. Cada uno de propiedades estéticos de madera (color, textura, brillo, olor y finura) indica la calidad del material, pero también revelan los defectos de la estructura o influencias adversas del medio ambiente.

Todas propiedades estéticas nombradas de madera se pueden considerar como ventajas comparado con hormigón o acero. Las calidades estéticas de estos dos materiales no se quedan atrás si se implementan en los sitios y solo en casos donde se necesitan de verdad, donde se destaca su economía y utilidad.

### 2.2. La tecnología y aplicación de madera acoplada con otros materiales

La aparición de materiales modernas y la posibilidad de combinación entre ellos establecen la condición de ajuste de sistema constructivo a los requisitos de geometría, mecánica, función, carga, propiedades de material y forma. Para el desarrollo ulterior de sistemas constructivos se impone la tarea compleja de alcanzar la dependencia mutua de disposición geométrica de elementos estructurales con la forma, con la posibilidad de recibir la carga mecánica dependiendo de material. Mientras, elementos de la construcción se grupean en acuerdo con el comportamiento de transferencia de carga en una fila geométrica cual ofrece la carga suficiente, funcionalidad de estructura y optimización del consumo de material.

Las tendencias del progreso de construcciones de madera cada vez más imponen las uniones y combinaciones de madera con otros materiales. En esa unión, nuevos posibilidades de cálculo de elementos, detalles y construcción y la posibilidad de regulación del tamaño de tensión y deformación, se ve la chance del progreso ulterior de construcciones de madera. Estas construcciones encuentran su uso en diferentes tipos de estructuras y por la posibilidad de industrialización completa de su construcción, justifiquen su economía.

Hoy en día se hacen con éxito las construcciones de madera acoplada con otros materiales que tiene como la consecuencia, aumento de carga y reducción del precio.

### 3. LA TECNOLOGÍA DE MADERA

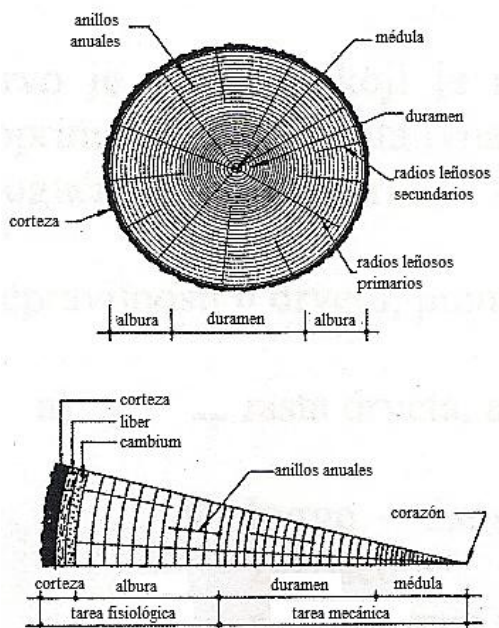
La tecnología de madera es la ciencia que se dedica a estudiar la estructura y las propiedades de madera. La madera es materia orgánica que caracteriza no-homogeneidad y anisotropía.

#### 3.1. La estructura de árbol

El árbol es la parte de la planta por encima del suelo que tiene el valor práctico para las construcciones de madera.

##### 3.1.1. La estructura macroscópica de árbol

El crecimiento de madera en el ancho es especialmente significativo para la tecnología de madera. La masa de madera que produce el cambium al interior de árbol durante un año se llama el anillo. La anchura del anillo depende de la especie del árbol y de condiciones de su crecimiento.



En la sección de un árbol se pueden ver la médula, duramen y albura (imagen 3.1.). No-homogeneidad de la estructura de árbol se puede ver en cada anillo donde se distinguen dos zonas: madera temprana (de primavera) y madera tardía (de otoño). La zona del árbol tardío, debido a la poca humedad durante el proceso de crecimiento, tiene menos poros, o sea tiene la masa de madera más densa, mayor densidad y mayor calidad de propiedades mecánicas. Para las construcciones de madera se usa la sección completa sin la corteza.

Imagen 3.1. – tomada de [8]

### 3.1.2. La estructura microscópica (histológica) de árbol

No-homogeneidad de la estructura del árbol proviene de la diferencia de elementos que lo hacen (imagen 3.2.).

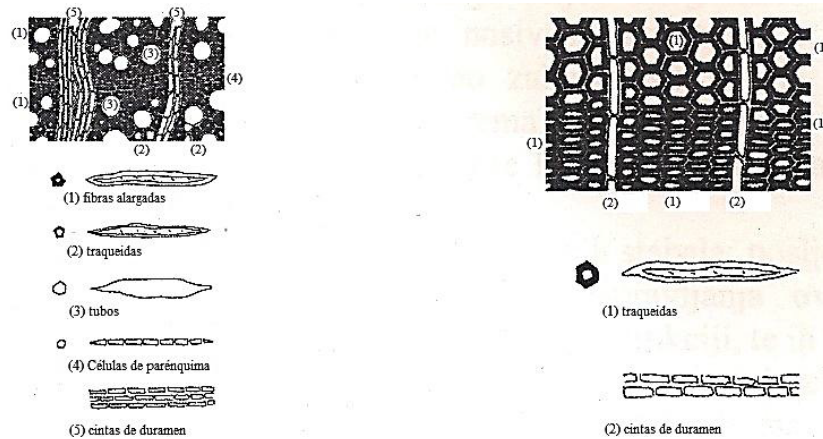


Imagen 3.2. – tomada de [8]

Los elementos de la estructura del árbol tienen dos funciones primarias: mecánica y fisiológica. La tarea mecánica hacen las fibras, y la tarea fisiológica hacen vasos y poros de la pared (en la madera dura), radios leñosos, células de parénquima y tejidos de secreción, mientras que las traqueidas hacen ambas funciones (principalmente se encuentran en coníferos). La forma de elementos, y la manera de agruparlos o el porcentaje de la masa de madera afecta considerablemente las propiedades técnicas de madera.

### 3.1.3. La estructura submicroscópica de árbol

La estructura submicroscópica tiene el significado especial para entender propiedades mecánicas y físicas de madera. Examinando de la estructura submicroscópica de madera se ha llegado hasta el conocimiento que las moléculas de celulosa son dirigidas en dirección longitudinal, posicionados casi paralelos y que crean fibras. Esas fibras forman esqueleto de membrana de células de madera. La estructura de membrana sola y composición química influyen las propiedades mecánicas y físicas de madera.

### 3.1.4. Los errores en árbol

La madera es un material que ha surgido de forma natural, y dependiendo de una serie de factores recibe sus propiedades de calidad, pero también un gran número de irregularidades que afectan la posibilidad de aplicarlo en construcción.

Las irregularidades en la madera, según la manera de formación, se comparten en tres grupos:

a) Los errores en crecimiento de árbol cuales son:

- Nudos – partes residuales de ramas dentro del árbol; la presencia del nudo causa fibras oblicuas y posibilidad de aparición de pudrimiento debido a la humedad acumulada, y con eso afecta las propiedades técnicas de madera; el nivel diferente de contracción de nudos y de madera de consecuencia tiene la caída de nudos; se distinguen los nudos vivos (causan fibras oblicuas) y nudos muertos (causados por la aparición de pudrimiento y caída de nudos); las clases de madera técnica se distinguen por el nivel de nudosidad, la dimensión y tipo de nudo.
- Retorcimiento de fibras – retorcimiento espiral de fibras sobre el axis del árbol; secamiento de maderas con este tipo de error produce el pandeo del elemento, y las tensiones que aparecen debido a este fenómeno son altas y como la consecuencia tienen la reducción de la carga de construcción; las maderas así se clasifican por el ángulo de oblicuidad en relación con el axis del elemento; para la inclinación de fibras con el axis de 1:8 la resistencia a la flexión se disminuye por 47%, mientras que para la inclinación menores de 1:20 la reducción de la resistencia se ignora.
- Oblicuidad de fibras – aparece con árboles deformados; las consecuencias son similares a esas del retorcimiento; debido a la tendencia de rectificación de un elemento formado así, ocurren altas tensiones en la construcción cuales debería evitar.
- Gran anchura del anillo – la consecuencia del crecimiento rápido; con la anchura creciente se disminuyen las propiedades mecánicas de madera; restricciones y clasificación de madera son dados con los regulaciones para las estructuras.
- Ondulación de la línea de anillos, doble o múltiple corazón, corazón excéntrico, ondulación de fibras, corteza encarnada etc. – errores del crecimiento del árbol cuales no debe tener la madera para construcción.
- Grietas – pueden ser las grietas del corazón (en dirección radial), separación de la masa de madera por anillos, fracturas ( debido a contracción o efecto de escarcha); dependiendo de la posición y la dimensión de grietas en relación con sección transversal es necesario tener en cuenta la debilitación de sección, si se usa este tipo de madera.

## b) Errores debido a influencias químicas y biológicas:

- Pudrimiento – el proceso químico de desintegración de celulosa y lignina bajo el efecto de algunos tipos de hongos; disminuye la fuerza y durabilidad de madera y afecta sus propiedades mecánicas y estéticas; algunos tipos de hongos no disminuyen las propiedades mecánicas pero producen el ambiente favorable para el crecimiento de otros, destructivos tipos de hongos.
- Efecto de insectos – destrucción de la materia de madera dentro de albura y de duramen del tronco en la forma de pasillos que intersectan las fibras de madera; dependiendo del especie y el porcentaje de humedad existen los grupos de insectos cuales, con su influencia, reduzca el uso técnico de madera.

## c) Errores al procesar la madera:

- Curvas residuales en madera procesada
- Espesor diferente en madera procesada
- Anchura diferente

**3.2. Las propiedades técnicas de madera**

Las propiedades técnicas implican esas propiedades que muestra la madera durante el procesamiento y uso, y cuales tienen como el producto las maderas. De interés especial para el uso de madera en construcción son: propiedades físicas, físico-químicas, mecánicas, reológicas y estéticas.

## 3.2.1. Propiedades físicas

Las propiedades físicas son esas propiedades de madera que aparecen como la consecuencia de acciones de fuerzas naturales. Dependen de la especie de madera, de estructura, condiciones del crecimiento y su edad, y afectan significativamente las propiedades mecánicas de madera, y con eso las soluciones constructivas y protección de madera.

Las propiedades físicas son: porosidad, humedad de madera, peso, variabilidad de dimensiones (contracción e hinchazón), conductividad de calor, sonido y electricidad, dilataciones térmicas y propiedades acústicas.

## 3.2.2. Propiedades físico-químicas

Las propiedades físico-químicas son propiedades cuales el material expresa debido a los efectos de fuerzas exteriores, y se refieren al cambio de estructura anatómica y composición química, que afecta directamente otras propiedades técnicas de material.

Las propiedades físico-químicas son durabilidad y combustibilidad. Dependen de la especie, densidad, porcentaje de humedad de madera, procesamiento final de elemento y,

sobre todo, de factores exteriores relacionados con las condiciones en cuales se encuentra la madera.

### 3.2.3. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas son propiedades que se expresan bajo el efecto de fuerzas exteriores, y dependen de la especie y clase de madera. Asumen diferentes valores por no-homogeneidad y anisotropía de madera, dependiendo de dirección de fuerzas en relación con dirección de fibras.

#### 3.2.3.1. La dureza

La capacidad de madera de confrontarse a la penetración de otro sólido dentro de su masa se llama la dureza. Esa propiedad es importante de punto de vista de procesamiento y uso de madera. La tabla 3.3. representa durezas de diferentes tipos de madera.

Especie de madera	Dureza
Abeto	33.2 MPa
Ataviar	26.0 Mpa
Pino	
blanco	29.3 MPa
negro	33.8 MPa
Alerce	36.9 MPa
Roble	63.9 MPa
Haya	76.5 MPa
Olmo	62.6 MPa

Significa que el más duro entre coníferos es pino negro, y de madera dura es haya. Dependiendo de la fuerza medida con la inyección de la bola de acero  $\varnothing 11.284$  mm hasta la profundidad de medio diámetro (5.642 mm), hay seis clases de madera:

- |                              |                       |
|------------------------------|-----------------------|
| 1. Madera muy blanda         | $P \leq 3.5$ kN       |
| 2. Madera blanda             | $P = 3.51 - 5.0$ kN   |
| 3. Madera de la dureza media | $P = 5.01 - 6.5$ kN   |
| 4. Madera dura               | $P = 6.51 - 10.0$ kN  |
| 5. Madera muy dura           | $P = 10.01 - 15.0$ kN |
| 6. Madera de dureza de hueso | $P > 15.0$ kN         |

#### 3.2.3.2. La resistencia al desgaste

La capacidad de madera de confrontarse a la degradación gradual de la superficie procesada bajo las influencias exteriores. Esta característica es directamente relacionada con la dureza.



### 3.2.3.3. Elasticidad

El medido para elasticidad es el módulo de elasticidad E, donde se pueden distinguir el módulo de elasticidad paralelo a fibras, perpendicular a fibras, radial y tangencial. La elasticidad de madera depende y de especie y estructura de madera, densidad, dirección de fibras y temperatura.

### 3.2.3.4. Resistencia

La resistencia de madera es una propiedad de importancia crucial para uso y durabilidad de madera en construcciones. Al tamaño de la resistencia afectan la especie de madera, densidad, estructura de madera, nudosidad, químicas en la madera, porcentaje de humedad, el proceso tecnológico de preparación de madera para la instalación y tipo de acoplamiento para los detalles de uniones en construcción.

Por la duración de carga, se pueden distinguir:

- La resistencia de rotura – la resistencia en la rotura de probeta para la carga a corto plazo.
- La resistencia permanente – en la carga a largo plazo (más de 60 días); sobre 60% de resistencia de rotura.

Para la área de tensiones hasta la resistencia permanente, la madera obtiene deformaciones cuales tienden al valor final, mientras que, con exceder la resistencia permanente aparece el flujo plástico de madera y, como el último, la rotura de material.

Dependiendo del tipo de tensión y dirección de la fuerza en relación con el axis, se distinguen:

- Resistencia a la tracción, donde tenemos:
  - a) Paralelo a fibras ( $\sigma_{III}$ ) – la fuerza de tracción actúa paralelo a fibras; los errores en madera (nudosidad y retorcimiento de fibras) disminuyen considerablemente el tamaño de esta resistencia. En el diagrama de trabajo de madera tensado a tracción paralelo a fibras se pueden ver dos áreas de comportamiento de madera: área de proporcionalidad (comportamiento elástico de material) y área de no-proporcionalidad con el leve aumento de deformaciones plásticas hasta la rotura abrupta de material (mostrado en la diagrama de trabajo sumatoria – imagen 3.4.).

- b) Perpendicular a fibras ( $\sigma_{t\perp}$ ) – fuerza de tracción actúa perpendicular a fibras; valor límite de esta resistencia es 20 - 25 veces más pequeña que la correspondiente resistencia paralela a fibra debido a su estructura y anisotropía de material. El diagrama de trabajo para esta tensión muestra que casi no existe el área de proporcionalidad.

Tabla 3.4.: valores promedios de resistencia de madera a la tracción con la humedad de 15%:

Especie de madera	$F_{III}$ , MPa	$F_{t\perp}$ , MPa
Pino, alerce, roble, haya, fresno	110 – 150	2.5 – 3.5
Abeto, ataviar	90 – 120	1.5 – 2.0
Acacia	120 – 180	3.5 – 6.0

- Resistencia a la presión

- a) Paralelo a fibras ( $\sigma_{pII}$ ) – la fuerza de presión actúa paralelo a fibras, el valor límite de esta resistencia es 2 - 2,5 veces más pequeña que la resistencia límite a tracción paralela a fibras; lo característico para esta resistencia es que la estructura de madera no afecta mucho a su valor límite.

En el diagrama de trabajo para madera tensada a presión paralela a fibras, mostrado en diagrama sumatoria (imagen 3.4.) se nota que las propiedades elásticas de madera durante el efecto de presión paralela a fibras son similares como con la tracción paralela a fibras (módulo de elasticidad  $E_{II} = \text{tg}\alpha$ , y  $\alpha_t = \alpha_p$ ). La curva de proporcionalidad es más expresada que con tracción (el módulo varía de  $10^6$  hasta  $10^8 \times 10^6$  N/cm<sup>2</sup>).

- b) Perpendicular a fibras ( $\sigma_{p\perp}$ ) – tenemos la presión radial y tangencial perpendicular a fibras; aparece la maceración de madera; con esta tensión aparecen deformaciones las más grandes cuales dependen de la carga, estructura de madera y uniones de fibras en la dirección longitudinal.

En el diagrama de trabajo mostrado en la imagen 3.4. se nota que después de límite baja de proporcionalidad, deformaciones crecen hasta la límite de compacidad de madera. En el momento de lograr este límite, la madera se macera, o sea sucede la compacidad de estructura de madera, la madera empieza a reforzar.

- c) Angulado a fibras ( $\sigma_{\angle\alpha}$ ) – el tamaño de la resistencia a la presión oblicuamente a fibras depende de la resistencia a la presión paralelo a fibras, la resistencia a la presión perpendicular a fibras y del ángulo en que actúa la fuerza a fibras.

Tabla 3.5.: valores promedios de resistencia de madera a la tracción con la humedad de 15%:

Especie de madera	$F_{pII}$ , MPa	$F_{p\perp}$ , MPa
Abeto, ataviar	30 – 45	6.0
Pino	35 – 50	7.5
Alerce	40 – 55	10.0
Álamo	25 – 35	9.0
Roble, haya, fresno, acacia	50 – 70	13.0

- Resistencia a la cizalladura

- Paralelo a fibras ( $\tau_{II}$ ) – cizalladura paralelo a fibras puede ser radial o tangencial; la resistencia a la cizalladura en dirección tangencial paralelo a fibras es más grande que en dirección radial como la consecuencia de la estructura de madera.
- Perpendicular a fibras ( $\tau_{\perp}$ ) – el corte de fibras; la resistencia a la cizalladura perpendicular a fibras es 3-4 veces más grande que la resistencia a la cizalladura paralelo a fibras.
- Angulado a dirección de fibras ( $\tau_{\alpha}$ ) – puede ser radial o tangencial.

- Resistencia a la flexión

- el efecto del momento de flexión en la sección transversal del elemento produce tensiones normales de presión y tracción paralelos a fibras. Considerando diferencias entre diagramas de trabajo de tensiones así desglosadas está claro que la resistencia a la flexión limita en la rotura se tiene que mirar en acuerdo con resistencias limitas de la zona de presión y de tracción. La redistribución linear y simétrica de tensiones en la sección transversal de soporte de madera esta valida solo hasta el límite de proporcionalidad de diagrama  $\sigma/\varepsilon$  (donde  $E_{II}=\sigma_{cII}/\varepsilon_c \cong \sigma_{tII}/\varepsilon_t=const.$ ) como mostrado en el imagen 3.4. En esta área, para los cálculos de soportes con el método de tensiones permitidos, se puede tomar la tensión limita a la flexión  $\sigma_m$  cual se iguala en las zonas con resistencias a presión, o sea a tracción paralelo a fibras en el límite de comportamiento elástico de material. Como la madera es un material no-homogéneo y anisótropo para las cargas más grandes, por encima del límite de proporcionalidad, las dilataciones no son proporcionales a tensiones, y tampoco los módulos de elasticidad a la presión o a la tracción son iguales, el axis neutral se mueve en la dirección de la zona de tracción. Es evidente que la rotura sucede en alcance de la resistencia limita de madera a la presión. Rotura puede ocurrir en la zona de tracción si hay nudos presentes o el retorcimiento de fibras en esa zona, que considerablemente disminuye la resistencia de madera a la tracción.

Si se trata del porcentaje aumentado de humedad en la madera integrada, debido a secamiento y aparición de grietas, cuales pueden disminuir bastante el área cizalladora en la zona de tensiones cizalladoras, es posible que el soporte falla antes.

El diagrama sumatorio de trabajo  $\sigma$ - $\epsilon$  para todas resistencias nombradas puede ilustrar lo mejor el comportamiento de este material no-homogéneo y se refieren a valores de algunas resistencia (el imagen 3.4.).

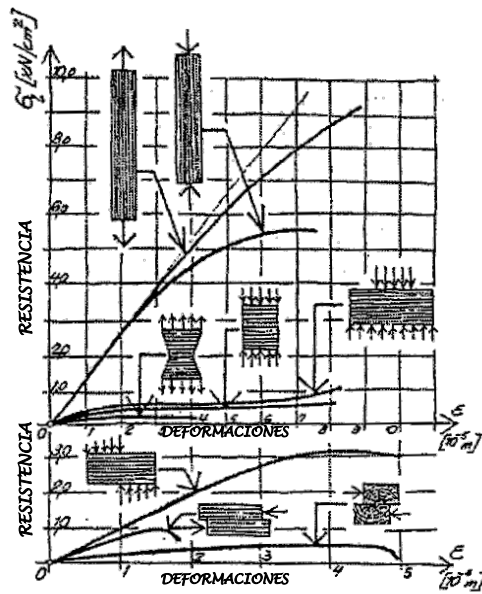


Imagen 3.4. – tomada de [3]

Tabla: valores promedios de resistencia de madera a la cizalladura y a la flexión con la humedad de 15%:

Especie de madera	Resistencia a la flexión (Mpa)	Resistencia a la cizalladura (MPa)	
		En dirección radial	En dirección tangencial
Alerce	110	10	9
Pino	85	8	7
Abeto	80	7	7
Roble	105	10	12
Abedul	110	9	11
Fresno	75	6	9

- La resistencia a la fatiga de material
  - Esta característica es muy importante considerando que en la mayoría de casos la rotura sucede debido a tensiones producidas por la carga alterna y carga de impacto. La resistencia a la fatiga depende del estado de tensiones y la presencia de errores en madera (nudos y oblicuidad de fibras). Resistencia a la fatiga es máxima tensión medida cual puede aguantar la madera en la carga de 30 millones de ciclos. Aumentando tensión de cero hasta valor máxima (de resistencia) de tracción, esta resistencia es aproximadamente 60% de valor de estática resistencia de madera a tracción. En la presión paralela a fibras, la resistencia a la fatiga de material es aproximadamente 80% de valor de resistencia estática.

### 3.2.4. Propiedades reológicas

Basado a la investigación de propiedades elasto-plásticos de madera se estableció el modelo dinámico de madera para explicar la manera de trabajo de material (imagen 3.5.).

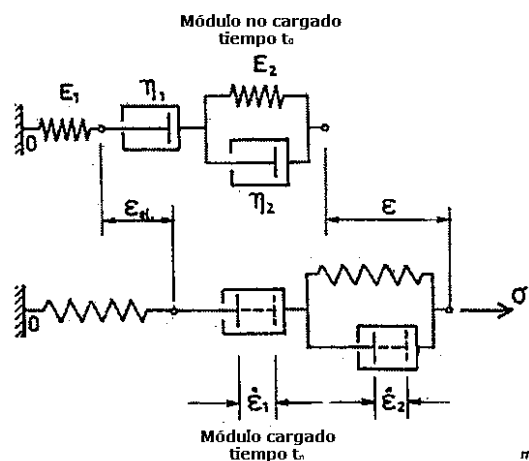


Imagen 3.5. – tomada de [15]

El elemento elástico en la estructura de madera es el esqueleto de celulosa y en modelo se representa en la forma de muelle. Las características de comportamiento plástico provienen de lignina amorfa y representa modelo de cilindro. En la estructura de madera estos dos elementos y características que llevan son mezclados, así que estas propiedades reológicas de madera no se pueden estrictamente separar.

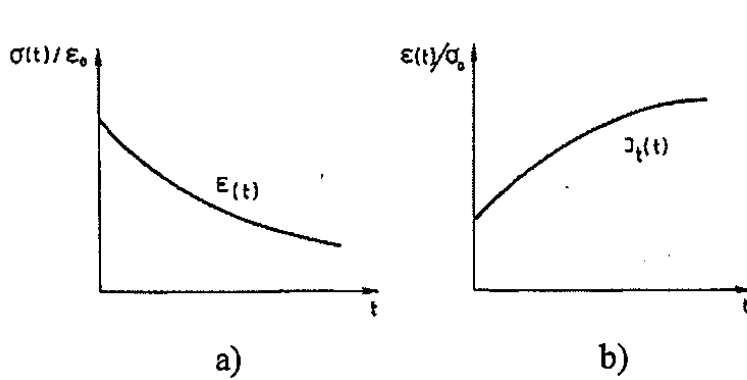


Imagen 3.6. – tomada de [15]

Basado en estas curvas se han hecho diagramas de dependencia de dilatación después de dilatación inicial  $\epsilon_0$  (área de dilataciones elásticas) para materiales de alta elasticidad (imagen 3.7.a.) y diagrama de comparación para la madera (3.7.b.).

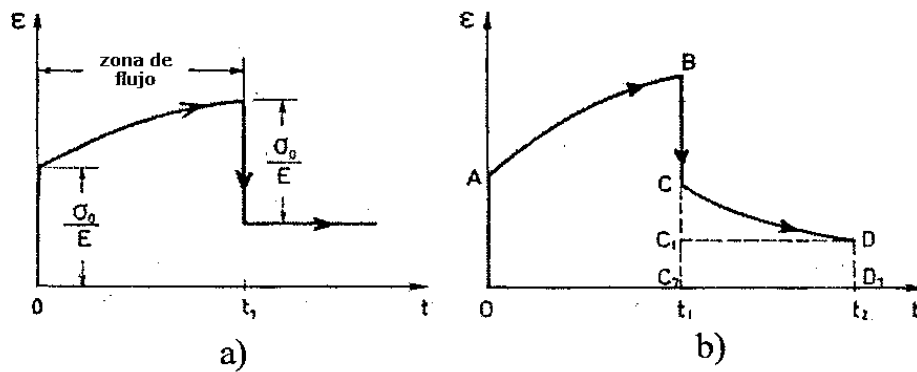


Imagen 3.7. – tomada de [15]

Basado en propiedades y estructura se sabe que la madera se comporta y elástico y plástico. En el principio la madera tiene deformaciones elásticas cuales son descritas con su valor máximo con  $\epsilon_0 = \sigma_0/E$  (área A0). El valor de deformaciones, con el tiempo, aumenta con la tensión inicial  $\sigma_0$  constante, o sea aparece el flujo de material (parte AB). Con el alivio del cuerpo de prueba ocurre la aparición de deformaciones elásticas  $\epsilon_0$  (parte BC). Dependiendo del especie de madera el resto de diagrama puede parecer o como para materiales de alta elasticidad en general o como en la imagen 3.7.b. donde aparecen dos componentes de dilataciones. Primer componente (parte CC<sub>1</sub>) se llama flujo primario y tiene carácter de dilataciones elásticas reversibles, y el parte C<sub>1</sub>C<sub>2</sub> se llama flujo secundario con el carácter de dilataciones elásticas irreversibles. Este diagrama de dilataciones de flujo corresponde a tensión a la presión, y para la tensión a la tracción implica las mismas fases de flujo con valores menos expresadas debido a módulo de elasticidad poco más grande.

## **4. LA TECNOLOGÍA DE LA MADERA ACOPLADA CON METAL**

### **4.1. La tecnología de producción de elementos de madera acoplados con metal**

Tomando en cuenta que las dimensiones de madera son limitadas, muchas veces las maderas se tienen que continuar en construcciones. También, a menudo en el nivel de una construcción, para algunos elementos de una dirección se conectan elementos de otra dirección: p.e. rejas y barras de rejas en nivel. En las estructuras espaciales de varilla, las barras, que se encuentran en diferentes niveles, se tienen que conectar en nudos de construcciones: p.e. rejas espaciales, parillas, etc. Y con sistemas planas, algunos elementos que se encuentran en diferentes planos se tienen que conectar con la construcción: p.e. en enlaces de estabilización, enlaces de viento, correas para soportes principales, etc.

Procedimiento de diseño de extensiones y conectores se complica más con el hecho de que existe gran elección de conectores a nuestra disposición. Los conectores también se pueden hacer con enlaces de carpintería en cuales los tornillos a veces son cargadores y a veces solo como elementos constructivos de unión.

### **4.2. Tipos de conectores de metal para madera**

Desde el gran número de opciones se tiene que elegir la óptima económicamente y estructuralmente, y la cual es ejecutablemente posible, porque muchas veces algunos conectores no se encuentran en el mercado. Por esa razón es necesario examinar todos los conectores, sus características, y maneras de su cálculo.

Básicamente, hay solo algunos tipos de conectores de metal:

1. Clavos
2. Tornillos
3. Tornillos para madera
4. Mandriles
5. Placas dentadas
6. Clavijas patentas
7. Remaches para la madera (se usa principalmente para conexión de placas metálicas con los elementos de madera laminada)
8. Calambres
9. Conectores especiales (en general patentados)

Las instrucciones de fabricante se tienen que respetar, pero se tienen que poner a prueba certificados de diferentes fabricantes, la validez de fecha de expiración de certificado, etc. Las instrucciones básicas para calculación se pueden encontrar en normas. En clavijas patentas existe gran variedad de tipos de clavijas. Su carga existe en tablas de algunas clavijas. En el nuevo Eurocódigo 5 las clavijas no son incluidas en las recomendaciones de normas. Se recomienda respetar estrictamente las recomendaciones de fabricante de algunos tipos de clavijas patentas, cuales son estrictamente certificadas por el instituto autorizado de investigación de materiales y construcciones.

#### 4.2.1. Clavos

Los clavos son finos, rectos conectores, usualmente mordazas y cabezadas, con variedad de longitudes, formas de sección y áreas. El Eurocódigo 5 explica el uso de clavos hasta el diámetro  $d=8$  mm con el diámetro de cabeza más de  $2d$ , y en uniones de madera – madera o madera – madera contrachapada. Hay muchos tipos y formas de clavos, pero el más común es claro, liso, hecho de alambre de acero y usualmente se llama el clavo liso. Clavos pueden ser esmaltados, grabados, electrochapados, galvanizados o polimerizados para adaptarse a la exigencia de final y de medio ambiente donde se usan.

Tipos de clavos:

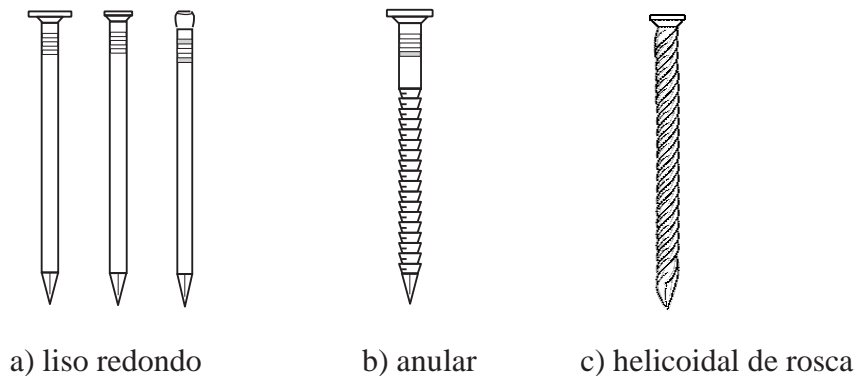


Imagen 4.1. – tomada de [4]

Conexiones con clavos son simples de formar y son adecuados para estructuras de poca carga y cuando las conexiones son formadas de elementos relativamente delgados.

La performance del clavo, bajo la carga lateral y retractada, se puede mejorar con deformación mecánica de vástago para formar vástagos anulares y vástagos de rosca helicoidal. Clavos así tienen la resistencia a la retracción más alta que los clavos lisos de misma dimensión.

#### 4.2.2. Tornillos y mandriles

Tornillos son barras cilíndricas con rosca hechas de acero. Tienen la cabeza hexagonal o semiesférica con tuercas hexagonales y tienen diferentes tamaños hasta 30 mm de diámetro. Los tornillos tienen que ser hechos por lo menos de clase de acero 3,6 según EN 20898 parte 1.

Los mandriles son barras cilíndricas de acero. Tienen la superficie lisa o estriada y vienen en tamaños desde 6 mm hasta 30 mm.

Tornillos y mandriles se usan cuando necesitamos la carga lateral más alta de la cual es posible obtener con clavos o tornillos para madera. Los tornillos se pueden usar también en conexiones con tensión de carga axial pero los mandriles no. Los ejemplos típicos de tornillos y mandriles son ilustrados en imagen 4.2.:



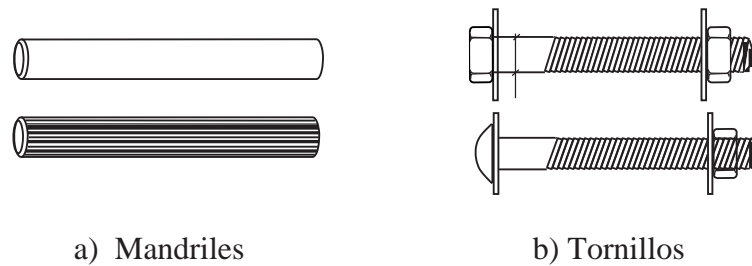


Imagen 4.2. – tomada de [4]

#### 4.2.3. Tornillos para madera

Tornillos para madera se usan en lugar de clavos cuando se tienen que obtener capacidades más altas, en particular en situaciones donde se necesita resistencia a retracción más alta. Se pueden usar para uniones de madera – madera pero son especialmente adecuados para uniones de madera – metal o madera – panel.

Los tornillos deberían ser siempre fijados por ser roscado en madera, y no golpeado con martillo en su posición. Las características de fuerza dada para los tornillos en EC 5 se basan en esta suposición.

Los tipos de tornillos para madera más comunes, son mostrados en imagen 4.3.:

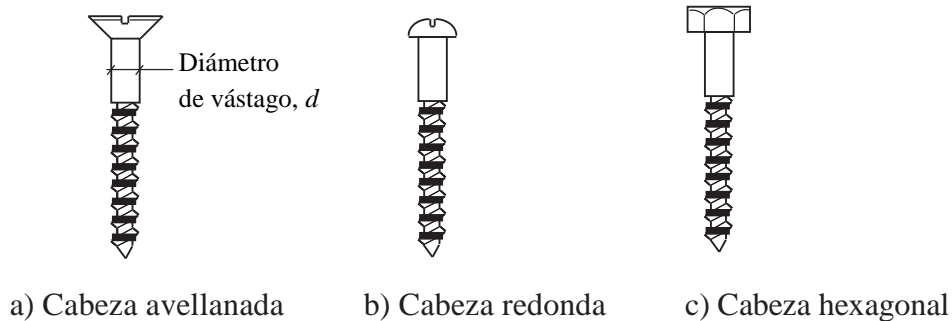
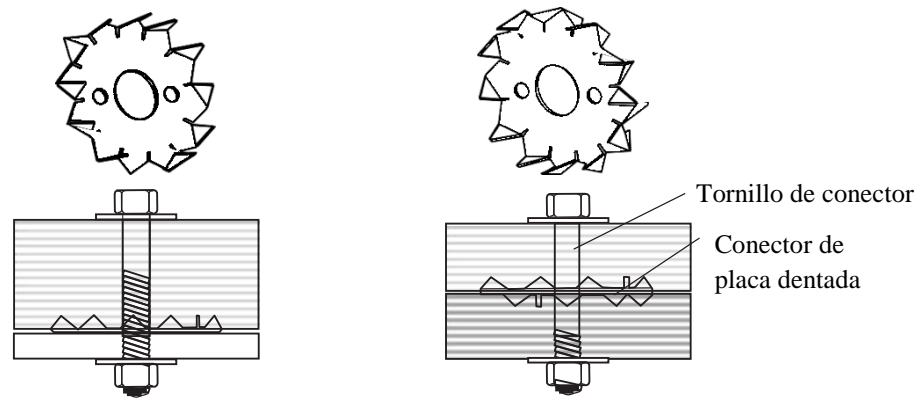


Imagen 4.3. – tomada de [4]

#### 4.2.4. Placas dentadas

Por definición, las placas dentadas son elementos de diferentes formas, construcción y de diferente material cuales se empotran en planos de conexión. Según EC 5, las dimensiones varían desde 38 hasta 165 mm.

Dependiendo de tipo de conectores, placas dentadas se hacen de acero bajo en carbono laminado en frío, continuo inmersión caliente de acero galvanizado templado o de hierro fundido maleable. Con conectores de acero, los bordes de la placa son doblados para formar dientes triangulares salientes, y con conectores de hierro fundido, picos cónicos tienen puntas romas salientes de una cara o ambas. Un ejemplo de placa circular dentada formada de acero con dientes salientes de una o ambas caras es mostrado en 4.4.:



a) Placa dentada por una cara      b) placa dentada por ambas caras

Imagen 4.4. – tomada de [4]

Las placas con una cara se pueden usar para conectar la madera con acero o, si es necesario ser desmontable en uniones madera – madera, pueden ser usados en parejas de espaldas. Placas dentadas con dos caras son adecuadas para uniones madera – madera no desmontable.

Algunos tipos de placas dentadas son ilustradas en imagen 4.5.:

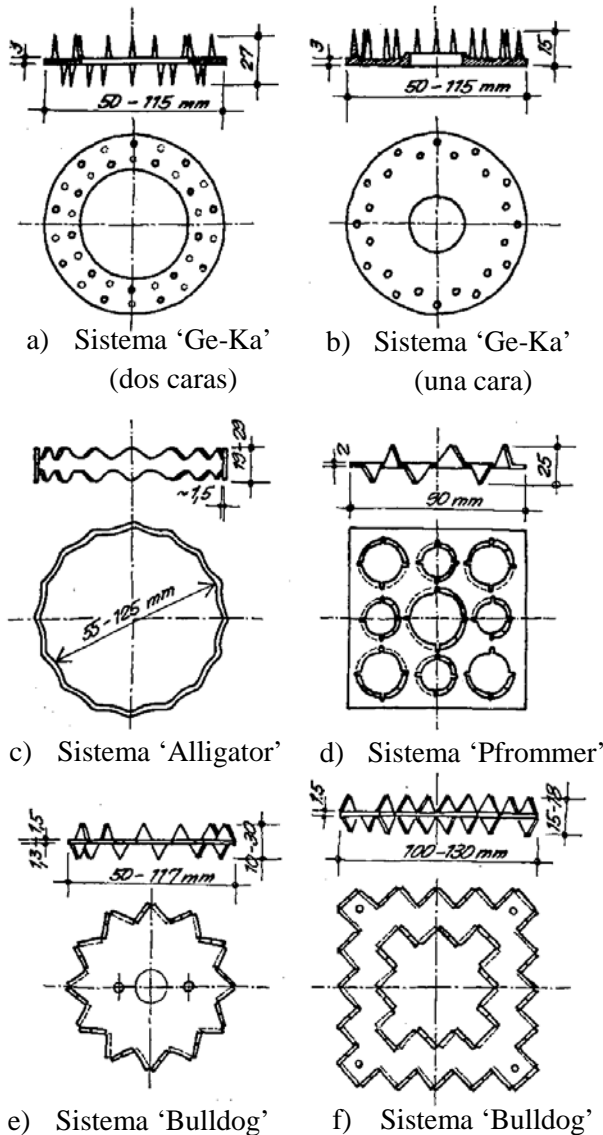


Imagen 4.5. –tomada de [2]

#### 4.2.5. Clavijas patentadas

Las clavijas tienen forma circular y se hacen de aleación de aluminio, tira de acero laminado en caliente laminado templado, tira de aleación de acero laminado en caliente, de hierro o metal fundido, según los requisitos de BS EN 912. Se encajan en ranuras preformadas en elementos de madera cuales exactamente perfilan el conector y son capaz de asumir carga mucho más grande que las placas dentadas.

En EC 5 existen ecuaciones de fuerza para estos tipos de conectores y se pueden aplicar solo para clavijas con diámetros bajo 200 mm con la excepción de tres tipos de clavijas A5 de anillos partidos en BS EN 912 cuyos diámetros son 216 mm, 236 mm y 260 mm. Hay dos tipos de clavijas.

Unos son anillos de sección sólida y si tienen un corte a través de sección se llaman clavijas de anillo partido. El corte ayuda a encajar el conector más fácil. Las reglas de diseño en EC 5 son iguales para clavijas con anillo entero o partido. Esos tipos de conectores son adecuados solo para conexión madera – madera. En BS EN 912 son nombrados de A1 hasta A6. Ejemplo de este tipo de clavijas se muestra en la imagen 4.6.:

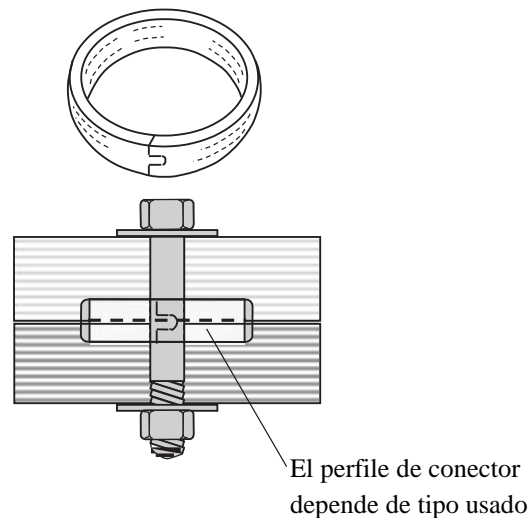


Imagen 4.6. – tomada de [4]

Otro tipo de clavijas son placas cortantes. Se usan donde se necesita unión madera – acero (u hormigón), o donde se necesita unión desmontable o la conexión se hace in situ. En BS EN 912 son nombrados como B1, B2,..., B6 con diámetros desde 65 hasta 190 mm. Ejemplo de este tipo de clavijas es ilustrado en la imagen 4.7.:

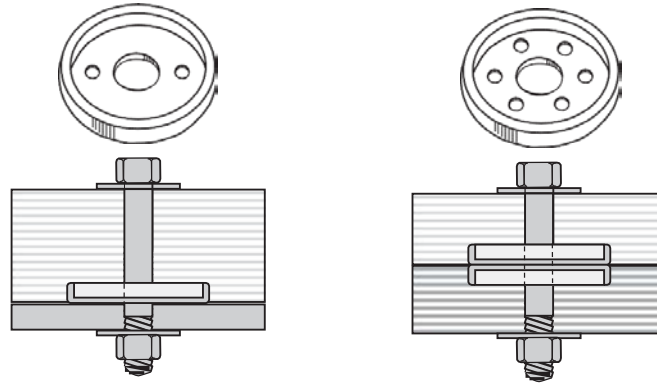


Imagen 4.7. – tomada de [4]

### 4.3. Uniones de madera con metal

En este capítulo vamos a explicar tipos de uniones que se hacen con típicos conectores que hemos procesado en el capítulo anterior y también uniones específicos de madera acoplada con metal.

#### 4.3.1. Uniones con clavos

Como unión de carga se considera aquella que tiene mínimo de cuatro clavos en todos los niveles de la unión. No se permite conexión con dos diferentes tipos de clavos en la unión de carga.

Instrucciones de uso según EC 5:

- En uniones con clavos en madera con densidad  $\rho \geq 500 \text{ kg/m}^3$  se tienen que perforar agujeros
- Mínimo número de clavos en unión es 2
- Profundidad mínima de clavar clavos esta presentada en tabla 4.8. Los necesitamos para impedir la posibilidad de sacar clavos
- En clavos cuadrados se usa la longitud del lado para 'd'
- Distancias entre clavos como las definiciones relacionadas con ellas están mostradas en tabla 4.9. i imagen 4.10.
- Clavos clavados en la frente del elemento de madera (sección perpendicular al axis longitudinal de elemento) se pueden aplicar solo para algunos propósitos, por ejemplo en maderos clavados en la frente de la viga. En ese caso la carga  $R_d$  se disminuye por 1/3, y la carga en dirección del clavo no se puede considerar.

Tabla 4.8.: profundidades mínimas de clavar  
clavos lisos y especiales:

Tipo de clavos	Influencia	
	Corte	Extracción
Clavos lisos	$l \geq 8d$	$l \geq 12d$
Clavos especiales	$l \geq 6d$	$l \geq 8d$

Tabla 4.9.: distancias mínimas entre clavos:

Indicio	No perforados Madera dura con $\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$ y madera laminada encolada	No perforados Madera dura con $420 < \rho_k < 500$ $\text{kg/m}^3$	Perforados
$a_1$ cos	Para $d < 5 \text{ mm}$ : $(5+5 \cos\alpha )d$ Para $d \geq 5 \text{ mm}$ : $(5+ 7\cos\alpha )d$	$(7+8 \cos\alpha )d$	$(4+3 \cos\alpha )d^{1)}$
$a_2$	$5d$	$7d$	$(3+ \text{sen}\alpha )d$
$a_{3,t}$	$(10+5\cos\alpha)d$	$(15+5\cos\alpha)d$	$(7+5\cos\alpha)d$
$a_{3,c}$	$10d$	$15d$	$7d$
$a_{4,t}$	$(5+5\text{sen}\alpha)d$	$(7+5\text{sen}\alpha)d$	$(3+4\text{sen}\alpha)d$
$a_{4,c}$	$5d$	$7d$	$3d$

1)  $a_1$  se puede disminuir a  $(4+|\cos\alpha|)d$  cuando  $f_{h,k}$  se disminuye con  $\sqrt{a_1/(4+|\cos\alpha|)d}$ .

2) distancias mínimas de clavos de madera contrachapada: valores de tabla multiplicados con 0,85  
distancias mínimas desde borde para madera contrachapada:  $a_{3,c}$  o sea  $a_{4,c} = 3d$   
 $a_{3,t}$  o sea  $a_{4,t} = (3+4\text{sen}\alpha)d$

3) distancias mínimas entre clavos en uniones madera – placa de acero: valores en tabla x 0,7

4) valores en la tabla se aplican también a clavos cargados axialmente

5) en madera laminada colada para determinar la distancia entre clavos se puede tomar  $\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$  para todas clases de madera.

En las uniones con clavos sin perforación existe la posibilidad de partir la madera con que se disminuye su carga. Para evitar eso es necesario tomar en consideración espesor mínimo de madera en función con diámetro de clavos:

$$b = t = \max. \left\{ \left( 13d - 30 \right) \times \rho_k / 400 \right\}$$

$\rho_k$  = valor característico de la densidad de madera en  $[\text{kg}/\text{m}^3]$ ,

$d$  = diámetro de clavo en  $[\text{mm}]$ .

La definición de distancias entre clavos es ilustrada en la imagen 4.10.:

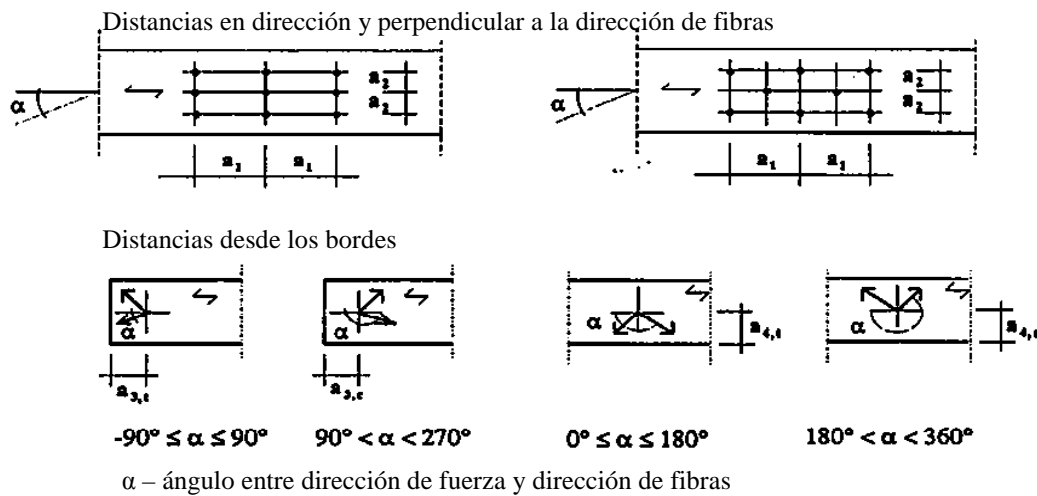


Imagen 4.10. – tomada de [2]

La unión con clavos puede ser en cortante simple, cortante doble o cortante múltiplo.

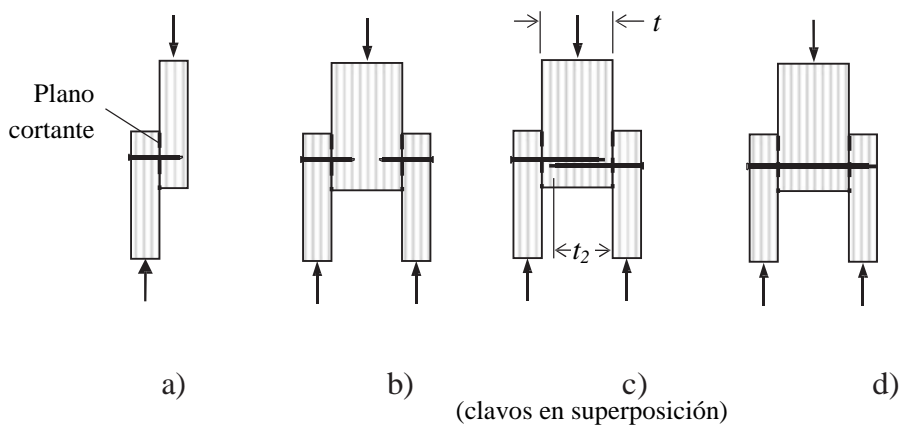


Imagen 4.11. – tomada de [4]

En la imagen 4.11. se pueden ver ejemplos de cortante simple con un plano cortante por clavo (a, b, c) y cortante doble en d.

Los clavos se distribuyen alternativamente afuera de puntos de sección de filas y columnas.

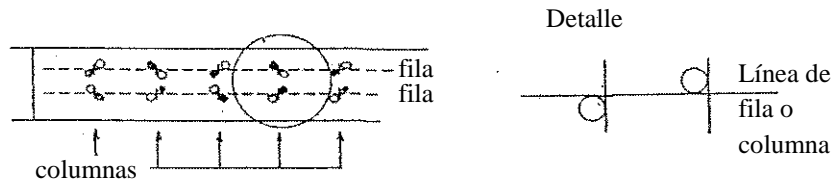


Imagen 4.12. – tomada de [2]

La carga de clavos a sacar es muy poca y se calcula solo cuando la carga es corta, por ejemplo, en chapas, en vigas de techo, etc. La carga de clavos a sacar depende de:

- estructura anatómica de madera,
- humedad de madera,
- resistencia de madera,
- diámetro de clavos,
- longitud de clavar,
- calidad de superficie de clavo y
- tiempo pasado desde el día de clavar.

Cuando se diseña y construye conexión y unión con clavos, a veces ocurren estos errores:

- distribuyo equivocado de clavos y clavado negligente,
- uso de clavos inadecuados,
- longitud insuficiente de clavos y
- uso de madera no cálida.

Cuando se clava un clavo, la cabeza tiene que quedar por encima de superficie de madera (imagen 4.13.).

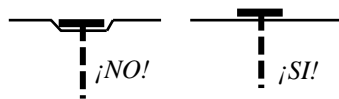


Imagen 4.13. – tomada de [8]

#### 4.3.2. Uniones con tornillos y mandriles

Tornillos y mandriles se pueden usar en conexiones de dos elementos, pero el tipo de conexión más común implica tres elementos o más en estructura de cortantes múltiples. Cuando usamos tornillos, las arandelas son obligatorias bajo la cabeza y bajo la tuerca para distribuir la carga. Cuando se aprietan, por lo menos una rosca entera tiene que sobresalir de la tuerca.

En construcciones permanentes, tornillos y mandriles tienen que ser galvanizados y en construcciones temporales protegidos contra corrosión. Tornillos se usan como conexión permanente solo cuando se asegura posibilidad de apretarlos después y si se asegura el control adecuado de construcción: perforación de agujeros, instalación y apretamiento.

Tornillos y mandriles se oprimen con un taladro en agujeros perforados con el diámetro más pequeño que el diámetro de tornillo o mandril:

- Para tornillos desde 0.1 hasta 0.2 mm,
- Para mandriles desde 0.2 hasta 0.5 mm.

Unión de carga debe tener como el mínimo 2 tornillos, o sea 4 mandriles. Las distancias mínimas en la dirección de la fuerza y en la dirección de fibras, son:

- Para tornillos: entre ellos y desde el borde cargado es 7d, y como el mínimo 10 cm,
- Para mandriles: entre ellos 5d, y del borde cargado 6d.

Las distancias mínimas perpendicular a la dirección de fuerza y desde el borde de elemento:

- Para tornillos: 5d, o sea 3d,
- Para mandriles: 3d.

Para mandriles de diámetro más grande de 20 mm, distancias mínimas se determinan como para tornillos de mismo diámetro.

El número más grande de conexiones en una dirección para tornillos, es cuatro y para mandriles es seis. En EC 5, el número máximo para ambos tornillos y mandriles es seis piezas en la serie. Si existe más de seis piezas se introduce la reducción: exceso de conexiones participa en la construcción solo con un tercio de su carga. Se introduce el número efectivo de tornillos y mandriles:

$$n_{ef} = 6 + (2/3) \times (n - 6)$$

En la imagen 4.14. se muestran algunos tipos de construcciones de madera con mandriles y tornillos.

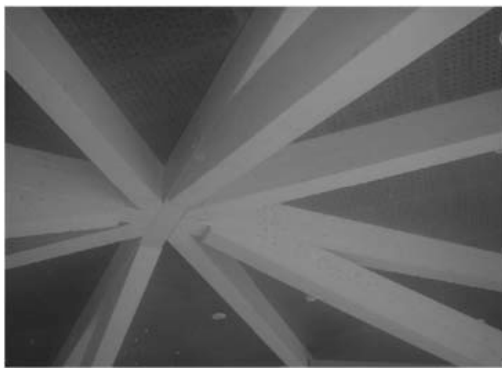




b) Madera – madera conexión con tornillos



a) Madera – madera conexión con tornillos con soporte de acero



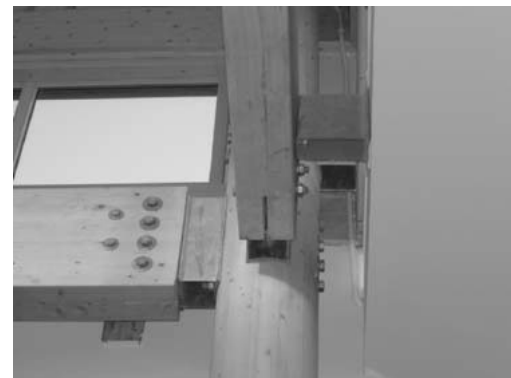
d) Madera – madera conexión con mandriles escondidos



c) Madera – madera conexión con tornillos y arandelas circulares oprimidos en madera



e) Madera laminada conexión con mandriles



f) Madera - acero conexión con tornillos

Imagen 4.14. – tomada de [4]

Fuerza de empotramiento con tornillos y mandriles:

Para determinar la fuerza de empotramiento, tenemos que saber la dirección de la carga y esta fuerza se determina con la ecuación de Hankinson.

Aplicando esta ecuación con el ángulo  $\alpha$  sobre la dirección de fibra:

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k} \times f_{h,90,k}}{f_{h,0,k} \text{sen}^2 \alpha \times f_{h,90,k} \text{cos}^2 \alpha}$$

$f_{h,\alpha,k}$  = fuerza de empotramiento característico con el ángulo  $\alpha$

$f_{h,0,k}$  = fuerza de empotramiento paralelo a fibra

$f_{h,90,k}$  = fuerza de empotramiento perpendicular a fibra

Múltiplos tornillos y mandriles cargados lateralmente:

a) Cargado paralelo a fibra – la reducción de capacidad:

$$n_{ef} = \min \left\{ n, n^{0.94} \sqrt{\frac{a_1}{13d}} \right\}$$

$n_{ef}$  = numero efectivo de tornillos o mandriles en la fila paralelo a fibra

$a_1$  = la distancia entre tornillos/mandriles en dirección de fibras

$n$  = el número de tornillos/mandriles en la fila

b) Cargado perpendicular a fibra – en cortante simple o doble no existe reducción:

$$n_{ef} = n$$

Tornillos y mandriles cargados con fuerza axial:


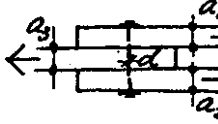
Con tornillos cargados axialmente, la fuerza de la conexión depende de la fuerza de tensión de tornillo y de la fuerza de carga de material donde se ponen arandelas.

Cuando se carga madera, la capacidad de carga bajo arandelas se tiene que calcular suponiendo 300% de aumento de la fuerza característica de madera perpendicular a fibra.

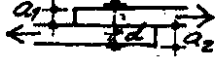
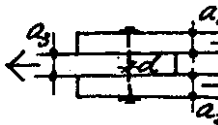
Cuando se usa la placa de acero, la capacidad de carga no debe exceder la de arandela circular con diámetro inferior de  $12t$  (donde  $t$  es el espesor de placa) o  $4d$  (donde  $d$  es diámetro de tornillo).

Los mandriles no se pueden usar para tomar la carga de tensión.

En la tabla 4.15. se muestran cargas de tornillos dependiendo de especie de madera:

Tipo de conexión	Especie de madera	$\sigma_d$	K	$K:\sigma_d$
 cortante simple	Coníferos	400	1700	4,25
	Madera dura	500	2000	4,00
 cortante doble	Madera en medio			
	Coníferos	850	3800	4,47
	Madera dura	1000	4500	4,50
	Madera lateral			
	Coníferos	550	2600	4,73
	Madera dura	650	3000	4,62

En la tabla 4.16. se muestran cargas de mandriles:

Tipo de conexión	Especie de madera	$\sigma_d$	K	$K:\sigma_d$
 cortante simple	Coníferos	400	2300	5,75
	Madera dura	500	2700	5,40
 cortante doble y múltiplo	Madera en medio			
	Coníferos	850	5100	6,00
	Madera dura	1000	6000	6,00
	Madera lateral			
	Coníferos	550	3300	6,00
	Madera dura	650	3900	6,00

### 4.3.3. Uniones con tornillos para la madera

Por el mecanismo de acción, tornillos para la madera son conectores similares a clavos y tornillos. Por eso, EC 5 ha dado próximas instrucciones:

- Dimensionamiento de tornillos cargados perpendicular al axis longitudinal de diámetro  $d < 8 \text{ mm}$  se hace con las reglas de dimensionamiento de clavos, y para diámetros  $d \geq 8 \text{ mm}$  según las reglas para tornillos
- Para el diámetro  $d$  en el cálculo de resistencia de madera en el borde de agujero se toma el diámetro de parte liso de tornillo
- Para cálculo del momento de flujo  $M_{y,k}$  se tiene que tomar para  $d_{ef}=0,9d$  si el diámetro de núcleo de parte de tornillo con rosca es como mínimo  $0,7d$  y la profundidad de apretamiento de parte liso menos es menos de  $4d$ . con la profundidad de apretamiento de parte liso de tornillo  $\geq 4d$  se puede considerar  $d_{ef}=d$ .
- Valor característico de la resistencia de acero a tracción para el cálculo de valor característico de momento de flujo es  $f_{u,k}=300 \text{ N/mm}^2$ .

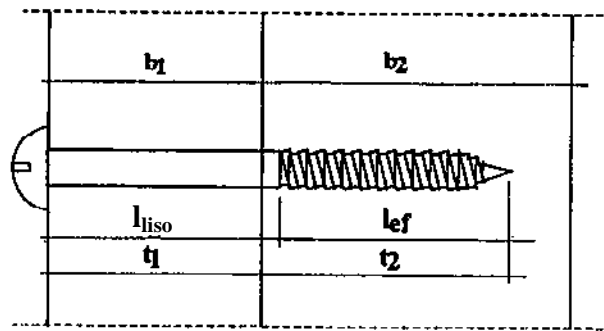


Imagen 4.17. – tomada de [14]

- Cuando existe mas tornillos en una fila, y en dirección de fibras, para diámetros  $d < 8 \text{ mm}$  no es necesario reducir carga. Si el diámetro es  $d \geq 8 \text{ mm}$  se necesita reducir a  $n_{ef}$  como con tornillos y mandriles.
- Tornillos para madera de diámetro  $d > 5 \text{ mm}$  se tienen que apretar en agujeros perforados. En la profundidad  $l_{liso}$  el diámetro de agujero es  $d$  como de tornillo, y en el parte de rosca diámetro es  $0,7d$ . La profundidad de apretamiento del pico de tornillo debe ser por lo menos  $4d$ .
- Como distancias mínimas desde el borde entre tornillos para madera con diámetro  $d < 8 \text{ mm}$  se toman las distancias para clavos. Para tonillos para madera con diámetro  $d \geq 8 \text{ mm}$  las distancias que se toman son esas para tornillos.

Las cargas axiales de tornillos para madera:

Con tornillos existen cinco modos posibles de fallo:

- Retiro de parte roscado de tornillo,
- Cuando se usa con la placa de acero, existe el riesgo de arrancar la cabeza,
- Fallo cuando la cabeza de tornillo se tira por el elemento de madera,
- Tornillo falleciendo en tensión,
- Cuando se usa en conjunto con la placa de acero puede ocurrir el fallo de bloque de corte

La carga de tornillo para madera en la dirección de su axis longitudinal (carga axial) se calculó desde el parámetro de arrancamiento  $f_{3,k}$ :

$$f_{3,k} = (1,5 + 0,6d) \times \sqrt{\rho_k} \quad [\text{N/mm}]$$

$$\rho_k \quad [\text{kg/m}^3].$$

El valor para dimensionar parámetro de arrancamiento de tornillos se calcula respetando al tamaño  $k_{mod}$  y  $\gamma_M = 1,3$  con la expresión:

$$f_{3,d} = f_{3,k} \times \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \quad [\text{N/mm}]$$

Con el cálculo de valores para dimensionar la resistencia a arrancamiento y valores para dimensionar la carga, se obtiene valor aplicable para dimensionar con la expresión:

$$R_d = \min \left\{ \frac{f_{3,d}(l_{ef} - d)}{75 \times \pi \times (0,9)^2 / \gamma_M} \right\} \quad [\text{N}]$$

$$\gamma_M = 1.1$$

Las distancias mínimas y profundidades de apretamiento se toman por la regla de carga de tornillos en dirección perpendicular al axis longitudinal.

Influencias combinadas:

$$\left( \frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}} \right)^2 + \left( \frac{F_{la,d}}{R_{la,d}} \right)^2 \leq$$

$F_{ax}$  Influencia en dirección de axis

$F_{la}$  Influencia perpendicular a axis longitudinal

$R_{ax}$  Valor para dimensionar la resistencia al arrancamiento

$R_{la,d}$  Valor para dimensionar la carga perpendicular a dirección de axis de tornillo.

#### 4.3.4. Uniones con placas dentadas

Existe 11 tipos de placas dentadas definidas en BS EN 912 y son nombradas como C1, C2,..., C11, cada tipo caracterizado por su forma, material usado y si es de una o dos caras.

Para montar esta conexión se tiene que formar un agujero para el tornillo en elementos, entonces se pone el conector en la posición y se presionan juntos mecánicamente o, si se trata de madera de poca densidad, se usan tornillos de gran fuerza con arandelas muy grandes. Después de posicionarlos, el tornillo y arandela se aprietan. El conector tiene que ser completamente presionado en la madera para obtener la capacidad diseñada. Porque la resistencia de madera va a crecer con la penetración de dientes de conector con el crecimiento de densidad de madera, las placas dentadas no son adecuadas para madera que tiene densidad característica mayor que  $500 \text{ kg/m}^3$ .

En la conexión formada con la placa dentada por dos caras, la carga se transfiere con estreses empotrados de un elemento a dientes de conector y desde allí con estreses cortantes dentro de placa hasta dientes por otro lado y al otro elemento a través de estreses empotrados. El tornillo también contribuye a la carga y la resistencia total se considera como la combinación de fuerza llevada por la placa dentada y por el tornillo. El tornillo también aprieta los elementos juntos para asegurar que el conector queda completamente empotrado en la madera.

Donde se usa la placa dentada por una cara, la carga de la cara dentada se transfiere de la misma manera como con la placa dentada por dos caras pero el resto de la carga se transfiere directamente por el tornillo llevando estreses entre placa y tornillo. Desde allí la conexión se comporta como la clásica conexión con tornillo. Otra vez, la resistencia total es la combinación de resistencia de placa y de tornillo.

Las distancias mínimas entre conectores y desde el borde están ilustradas en la tabla 4.18.:

Distancias y $\alpha$	Las distancias mínimas	
	Tipos C1-C9	Tipos C10 y C11
$a_1$	$(1,2+0,3 \cos\alpha)d_c$	$(1,2+0,8 \cos\alpha)d_c$
$a_2$	$1,2d_c$	$1,2d_c$
$a_{3,t}$	$2,0d_c$	$2,0d_c$
$a_{3,c}$		
1)	$(0,9+0,6 \sen\alpha)d_c$	$(0,4+1,6 \sen\alpha)d_c$
2)	$1,2d_c$	$1,2d_c$
3)	$(0,9+0,6 \sen\alpha)d_c$	$(0,4+1,6 \sen\alpha)d_c$
$a_{4,t}$	$(0,6+0,2 \sen\alpha)d_c$	$(0,6+0,2 \sen\alpha)d_c$
$a_{4,c}$	$0,6d_c$	$0,6d_c$
$a_1$ – distancia paralela a fibra – $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ $a_2$ – distancia perpendicular a fibra – $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ $a_{3,t}$ – distancia desde el borde cargado – $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ $a_{3,c}$ – distancia desde el borde no cargado – 1) $90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$ <span style="margin-left: 150px;">2) <math>150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ</math></span> <span style="margin-left: 150px;">3) <math>210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ</math></span> $a_{4,t}$ – distancia desde el borde cargado – $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ $a_{4,c}$ – distancia desde el borde no cargado – $180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$		

En cuanto al espesor de elementos, los requisitos mínimos son:

$$t_1 \geq 2,25h_e$$

$$t_1 \geq 2,25h_e$$

El espesor es ilustrado en la imagen 4.19. donde  $t_1$  es el espesor de elemento(s) de madera externo en la conexión,  $t_2$  es el espesor interno,  $h_e$  es la profundidad de empotramiento de la diente de placa en el elemento. Para placas dentadas por dos caras  $h_e=(h_c-t)/2$  y para placas dentadas por una cara  $h_e=(h_c-t)$ , donde  $h_c$  es la altura de placa y  $t$  es el espesor de metal usado para el conector.

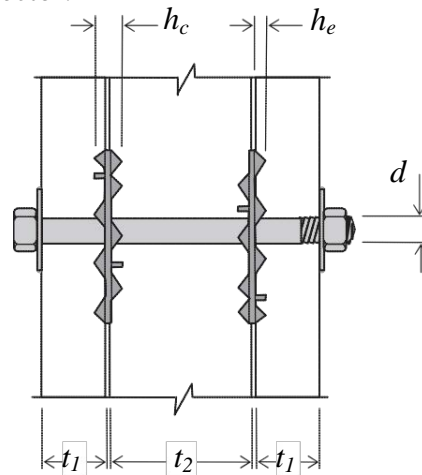


Imagen 4.19. – tomada de [4]

Tipos C2, C4, C7, C9 y C11 son placas dentadas por una cara, tipos C1, C3, C5, C6, C8 y C11 son placas dentadas por dos caras y para cada tipo se aplican diferentes ecuaciones de resistencia. La resistencia de la placa dentada cargada lateralmente no depende del ángulo de fibra, pero el tornillo depende del ángulo así que la resistencia total va a depender de ese ángulo.

Cuando la conexión contiene una fila de conectores paralelos a fibra, EC 5 permite el uso de resistencia completa de cada placa en la fila cuando cargada en esta dirección. Para conexiones en cortante simple o doble, independiente del tipo de conector usado, para determinar la resistencia de conexión se toma el mismo número de conectores cuanto hay tornillos usados en esa conexión. Eso se aplica a conectores cargados paralelos o perpendiculares a fibra.

#### 4.3.5. Uniones con clavijas patentadas

Clavijas de tipo de anillo se aprietan con tornillos y arandelas, pero a diferencia de las placas dentadas, tornillos y arandelas no contribuyen a la fuerza lateral de conexión. En la conexión con anillos, la carga se transfiere de un elemento al anillo por los estreses de empotramiento, y después la otra mitad de anillo transfiere la carga a segundo elemento. La función de tornillo es asegurar que el anillo reste en su posición.

Con clavijas de placa cortante, la fuerza cortante de tornillos es el elemento crucial en transferencia de carga lateral a través de conexión. Pero, como la fuerza cortante de tornillo especificado para estos conectores siempre va a exceder la fuerza lateral de conector, EC 5 no exige ser comprobada. También, como con conectores de anillo, no se considera que el tornillo contribuya a la fuerza lateral de conector.

En la placa cortante, la carga pasa de un elemento a la placa con estreses de empotramiento y se carga el tornillo a través de estreses de carga entre placa y tornillo. Desde allí se transfiere del tornillo con estreses cortantes a otra placa cortante, si se trata de conexión madera – madera.

La madera dentro del área de placa no se considera contribuyente a la fuerza. Suponiendo que se usa la placa cortante, los condiciones de diseño para elemento B en la conexión de dos elementos está ilustrada en la imagen 4.20.:

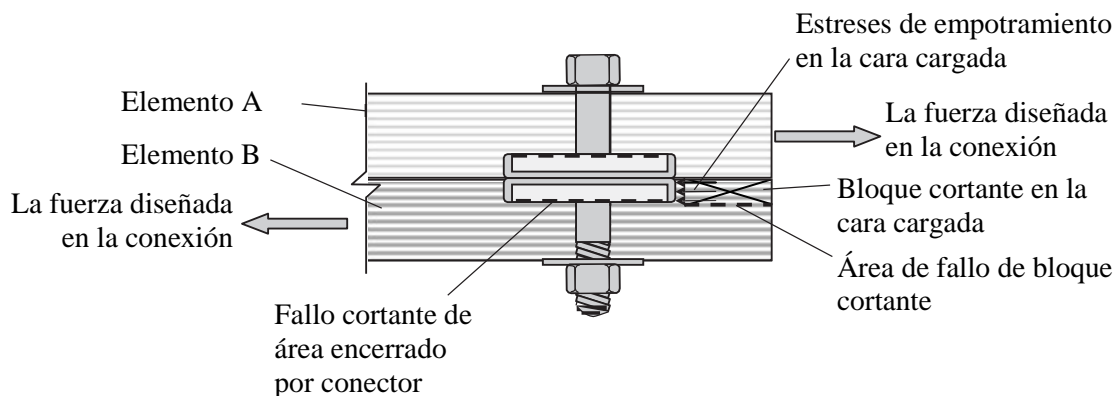


Imagen 4.20. – tomado de [4]



Hay dos posibles modos de fallo. Esos son el fallo de empotramiento y el fallo de bloque cortante en la cara cargada del conector. Si la resistencia de empotramiento de madera excede la resistencia ofrecida por el bloque cortante, el fallo de bloque cortante va a dictar la fuerza y si es más pequeña, el fallo de empotramiento va a ocurrir. Como el fallo del bloque cortante es el mecanismo de fallo frágil, fallo con el modo dúctil de fallo de empotramiento es la condición preferido de diseño. Donde no va a ocurrir el fallo de bloque cortante, solo el fallo de empotramiento va a ser relevante para determinar la fuerza de ese elemento.

Para prevenir otras formas de fallo en este tipo de conexión, EC 5 especifica distancias mínimas, distancias de borde y el mínimo espesor de elemento. El criterio de es el mismo para anillos y placas cortantes.

Las distancias mínimas entre conectores y desde el borde está ilustrada en la tabla 4.21.:

Distancias y $\alpha$	Las distancias mínimas
	Las clavijas de anillo o placa cortante
$a_1$	$(1,2+0,8 \cos\alpha )d_c$
$a_2$	$1,2d_c$
$a_{3,t}$	$1,5d_c$
$a_{3,c}$	
1)	$(0,4+1,6 \sen\alpha )d_c$
2)	$1,2d_c$
3)	$(0,4+1,6 \sen\alpha )d_c$
$a_{4,t}$	$(0,6+0,2 \sen\alpha )d_c$
$a_{4,c}$	$0,6d_c$
$a_1$ – distancia paralela a fibra – $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ $a_2$ – distancia perpendicular a fibra – $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ $a_{3,t}$ – distancia desde el borde cargado – $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ $a_{3,c}$ – distancia desde el borde no cargado – 1) $90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$ 2) $150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$ 3) $210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$ $a_{4,t}$ – distancia desde el borde cargado – $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ $a_{4,c}$ – distancia desde el borde no cargado – $180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	

En cuanto al espesor de elementos (imagen 4.21.), los requisitos mínimos son:

$$t_1 \geq 2,25h_e$$

$$t_1 \geq 2,25h_e$$

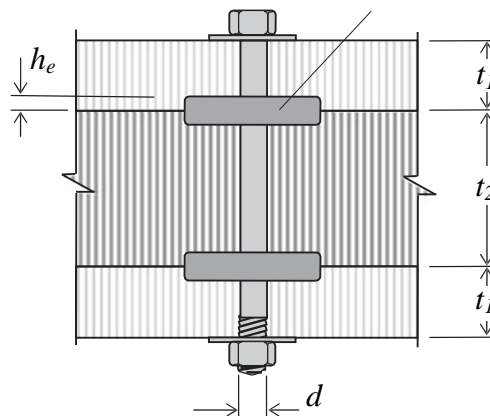


Imagen 4.21. – tomada de [4]

Las mismas ecuaciones se usan para determinar la fuerza característica del conector con anillo o placa cortante, basado a la conexión con madera de densidad característica de  $350 \text{ kg/m}^3$ , la distancia desde el borde cargado  $2d_c$ , elemento externo de espesor  $3h_e$  y el espesor de elemento interno de  $5h_e$ :

- La fuerza característica del bloque cortante en el borde cargado cuando la tensión e carga es paralela a fibra:

$$F1_{v,0,Rk} = 35d_c^{1,5}$$

- La fuerza característica de empotramiento de la madera en la cara cargada de conector:

$$F2_{v,0,Rk} = 31,5d_ch_e$$

La fuerza de conector va a ser el valor mínimo entre estas dos ecuaciones. Para la conexión en cual el conector está cargado en la condición del borde ‘no cargado’ como mostrado en la imagen 4.22. ( $150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$ ), el fallo de bloque cortante no va a pasar la fuerza va a ser basado solo en la ecuación.

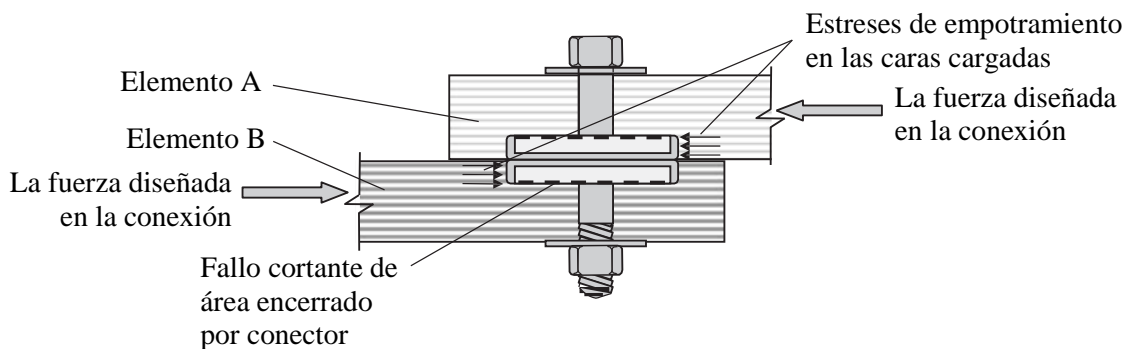


Imagen 4.22. – tomada de [4]

Cuando existe una fila de anillos o placas cortantes paralela a la fibra y hay más de dos conectores en la fila, la fuerza de conectores por plano cortante, cuando cargado paralelo a fibra, va a ser reducida. Para esta condición, el número efectivo de conectores,  $n_{ef}$ , debería ser:

- Para conexiones en cortante simple o doble, independiente del tipo de conector usado, número de conectores se va a tomar igual como numero de tornillos en la fila:

$$n_{ef} = 2 + \left(1 - \frac{n}{20}\right)(n - 2)$$

$n$  Numero de tornillos en la fila paralela a fibra de madera

- Si la conexión tiene más de una fila de conectores paralelos a fibra, el número efectivo de conectores va a ser la suma de número efectivo de conectores en cada fila. Cuando los conectores son cargados perpendicular a la fibra, el número efectivo de conectores va a ser el número de tornillos en la conexión.

Aunque tornillos y arandelas usados para conectores de anillo o placa cortante no contribuyen a la fuerza lateral de la conexión, tienen que agarrar conectores en posición y por eso tienen que cumplir con requisitos de EC 5. El diámetro mínimo y máximo es mostrado en la tabla 4.23.:

Diámetros [mm]	Tipo de conector		
	A1 – A6	A1, A4, A6	B
Conector, $d_c$	$\leq 130$	$> 130$	
Mínimo de tornillo, $d_{min}$	12	$0,1d_c$	$d_l - 1$
Máximo de tornillo, $d_{max}$	24	24	$d_l$

Donde la conexión implica planos cortantes múltiples y elementos conectados tienen diferentes ángulos entre ellos, no es posible aplicar directamente la ecuación para la fuerza total. El EC 5 propone la combinación de valores de fuerza de esos modos de fallos que son compatibles.

La fuerza diseñada de conexiones cargadas lateralmente:

- Cargado paralelo a fibra:

La fuerza diseñada de un conector cargado lateralmente,  $F_{v,Rd}$ , se obtiene de característica capacidad de carga del conector cargado lateralmente:

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \times F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

$k_{mod}$  - factor de modificación y si la conexión contiene 2 elementos,  $k_{mod,1}$  y  $k_{mod,2}$ , el valor usado en la ecuación será  $k_{mod} = \sqrt{k_{mod,1} + k_{mod,2}}$  según EC5.

$\gamma_M$  - factor parcial para conexiones y para la mayoría de conexiones es 1,3.

$F_{v,Rk}$  - capacidad característica de carga de conector por plano cortante cuando cargado lateralmente.

Para la conexión en cortante simple o doble con  $r_{pl}$  filas de conectores lateralmente cargados paralelo a fibra con  $n$  igualmente distanciados conectores de mismo tipo y tamaño, cada uno con fuerza diseñada  $F_{v,Rd}$ , la capacidad de diseño lateral efectivo de carga de la conexión por plano cortante paralelo a fibra,  $F_{v,ef,Rd}$  es:

$$F_{v,ef,Rd} = n_{sp} r_{pl} \times n_{ef} \times F_{v,Rd}$$

- Cargado perpendicular a fibra:

Donde cargas son impuestas a la madera con conectores cargados perpendicular a la fibra, hay dos formas posibles de fallo:

- Por partición de madera en tensión,
- Por rendimiento dúctil del conector y por este condición, donde hay  $r_{pr}$  líneas de conectores con  $n$  conectores de mismo tamaño en cada línea:

$$F_{v,ef,Rd} = n_{sp} r_{pr} \times n_{ef} \times F_{v,Rd}$$

- Cargado en ángulo a fibra:

Cuando conectores son cargados lateralmente a la fibra en el ángulo, componentes de fuerza paralelas y perpendiculares a la fibra deben ser derivadas, y:

- El componente de la fuerza diseñada actuando paralelo a fibra no debe exceder la capacidad de carga de la conexión definida en carga paralela a fibra
- El componente de la fuerza diseñada actuando perpendicular a fibra no debe exceder capacidad de carga más pequeña de la conexión definida en carga perpendicular a fibra.

#### 4.3.6. Sistemas de construcciones pretensados de madera laminada

Sistemas de pretensión según la posición de cables en relación con la sección transversal de elemento, pueden ser con:

- Cables dentro de sección
- Cables afuera de sección (pretensión exterior)

##### 4.3.6.1. Pretensión con cables dentro de sección

Cables se ajusten excéntricamente en relación con sección transversal para introducir tensión contraria. De la manera de transferir las fuerzas de pretensión, o sea el momento de tensión de cables, podemos diferenciar:

- Pretensión adhesivo (previo) – la pretensión se hace con tensionar las barras de acero, cuales se encolan en canales preparados en lamela de zona de tracción. Con terminación de proceso de laminación y solidificación de cola se quitan las prensas. La fuerza de pretensión se transfiere a través de adhesión de acero y madera realizada con cola, y las secciones exteriores de barras se aseguran con placas frontales y tornillos. Este sistema de pretensión exige la pretensión individual de cada barra. Para requisitos de cálculo es necesario comprobar experimentalmente el tamaño de adhesión entre acero de pretensión, cola y madera. El uso del tamaño de adhesión obtenido de esta manera en cálculo es cuestionable en el caso de cambio de porcentaje de humedad (pueden aparecer tensiones ‘parasitas’ en unión de madera y acero donde se exigen placas frontales para asegurar el empotramiento de barras).

- b) Pretensión posterior – este sistema se hace de misma manera como para construcciones de hormigón pretensadas posteriormente. A través de tubos previamente coladas, pasan los cables. Pretensión para la fuerza necesaria se hace a través de arandelas y con anclaje de capas, después de que se insertan los cables. La forma de cables en la sección longitudinal puede ser de línea recta (paralelo al axis de viga con la posición en la zona de tracción) y de curvilínea o forma poligonal (ajuste de cables así requiere posicionamiento de elementos de acero – guías para asegurar la forma y posición de cable. Experimentos han mostrado que las grietas aparecidas debido a exceso de resistencia de material ocurren casi en formas idénticas como con vigas masivas de madera laminada. Rotura pasa en zona de resistencias más altas (zona de tracción), en sitios de errores en lamelas, cómo y en extensiones de lamelas, sin aparición de importante plastificación de la zona presionada. Estos experimentos muestran la necesidad de ejecución cálida según las normas, con el control cálido de proceso tecnológico de producción.

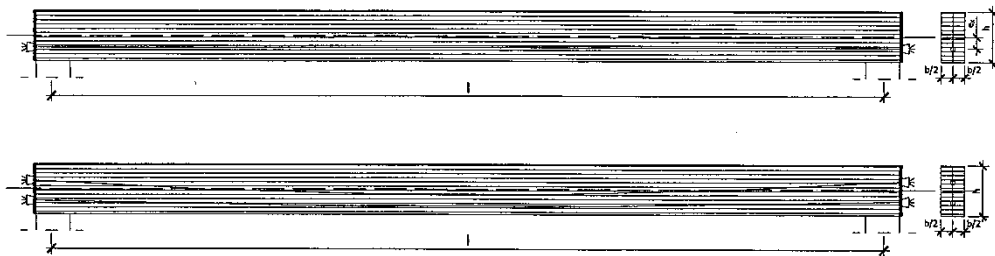


Imagen 4.24. – tomada de [11]

#### 4.3.6.2. Pretensión con cables afuera de sección

Los cables se ajusten afuera de sección transversal y con eso se logra la sencillez de ejecución de construcción, posibilidad de intervenciones posteriormente (cambio de cables y su control, posibilidad de regular el tamaño de fuerza de pretensión) y condiciones más simples de cálculo.

Según la forma de cables y su posición en relación con la viga existen:

- Cables paralelos a la zona de tracción – cables se instalan en posición simétrica lateral de la sección o justo bajo la zona de tracción. Pretensión con la fuerza excéntrica se hace solo a través de conexiones con chapas de metal nodales y medios de uniones clásicos (imagen 4.25.a.).
- Cables curvilíneos o poligonales – se instalan en la posición lateral con la sección transversal, de la misma manera como cables interiores de la misma forma. Para estos también se necesita diseño correcto de forma de cable y la posición de guías. (imagen 4.25.b.).
- Cables de forma poligonal – de tipo de apoyo; los cables se instalan bajo la zona de tracción de la viga con la cierta distancia con la ayuda de elementos verticales rígidos. la fuerza de pretensión se transfiere a un ángulo a los frentes de viga y representa el componente horizontal de la fuerza en el cable. La conexión del cable con la frente de la viga se hace de la misma manera como en la sistema de cables paralelos, donde el anclaje de cables se puede ejecutar en el nivel de la zona superior o inferior de viga (imagen 4.25.c.).

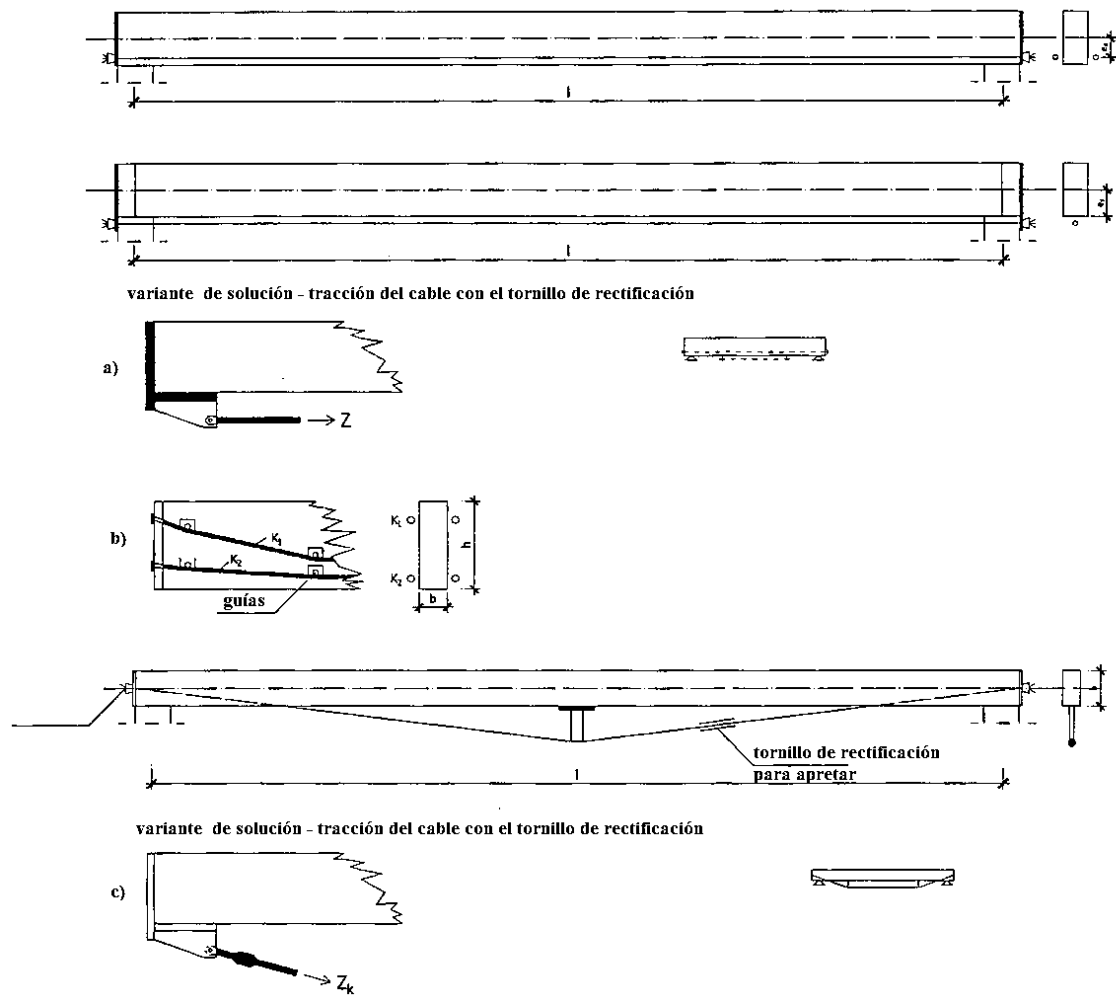


Imagen 4.25. – tomada de [11]

La ventaja de este sistema de pretensión es que los cables poligonales muestran influencias de pretensión con intensidad variable en la longitud de la viga. Tensiones de pretensión son aumentadas en el sitio de rotura de cable donde aparecen componentes verticales de la fuerza de pretensión. Estas componentes se transfieren a la viga en la forma de la fuerza de presión de los elementos verticales rígidos cuales representan mediadores elásticos en el sistema estructural de la viga laminada.

Con eso, objetivo de pretensión puede obtener condiciones adicionales de cálculo en el sentido de limitación de movimiento vertical del mediador. Calculo de viga así pretensionada se hace en fases condicionadas por el montaje y de posicionamiento de cargas. El cálculo es adicionalmente complicado por controlas de concentraciones de tensiones en sitios de conexiones de cables en el final de la viga.

Las ventajas de este tipo de sistema de pretensión son uso en diferentes tipos de construcciones laminadas u y posibilidad de sanación parcial de la sistema.

Los defectos de este tipo de pretensión son condiciones especiales de transporte de elementos prefabricados, requisitos de protección adicional de cables contra la corrosión y posibilidad de formación de bulto en la zona presionada de la viga.

## 4.3.7. Las vigas de madera reforzadas con placas de acero

La viga mostrada en la imagen 4.26. está reforzada con dos placas de acero conectadas con tornillos.

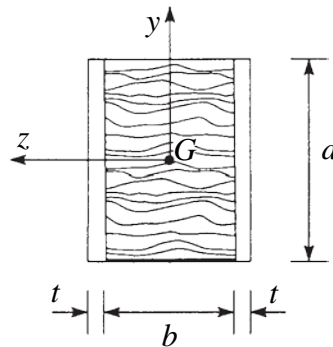


Imagen 4.26. – tomada de [9]

Si suponemos que está cargada por el momento positivo  $M$ , sabemos que el momento influye las placas de la misma manera. Por lo tanto, la expresión para el momento de la viga de madera es:

$$M_m = \frac{E_m I_m}{R}$$

$E_m$  módulo de Young

$I_m$  momento de área de la sección de madera sobre axis central,  $G_z$

$R$  radio de la curva de momento

Para las placas de acero, ecuación es similar:

$$M_p = \frac{E_p I_p}{R}$$

$I_p$  combinación de momentos de área de placas sobre  $G_z$

El momento total de flexión es:

$$M = M_m + M_p = \frac{1}{R} (E_m I_m + E_p I_p)$$

Podemos ver que la sección transformada se aplica solo en el caso de flexión sobre el axis horizontal  $G_z$ . También, la altura de la viga no ha cambiado bajo ninguna de estas transformaciones.

La tensión directa debido a la flexión en madera, es:

$$\sigma_m = -\frac{M_{m,y}}{I_m}$$

Para poder comparar las secciones solo de madera y secciones de acero, tenemos que ver diferencias en dimensiones:

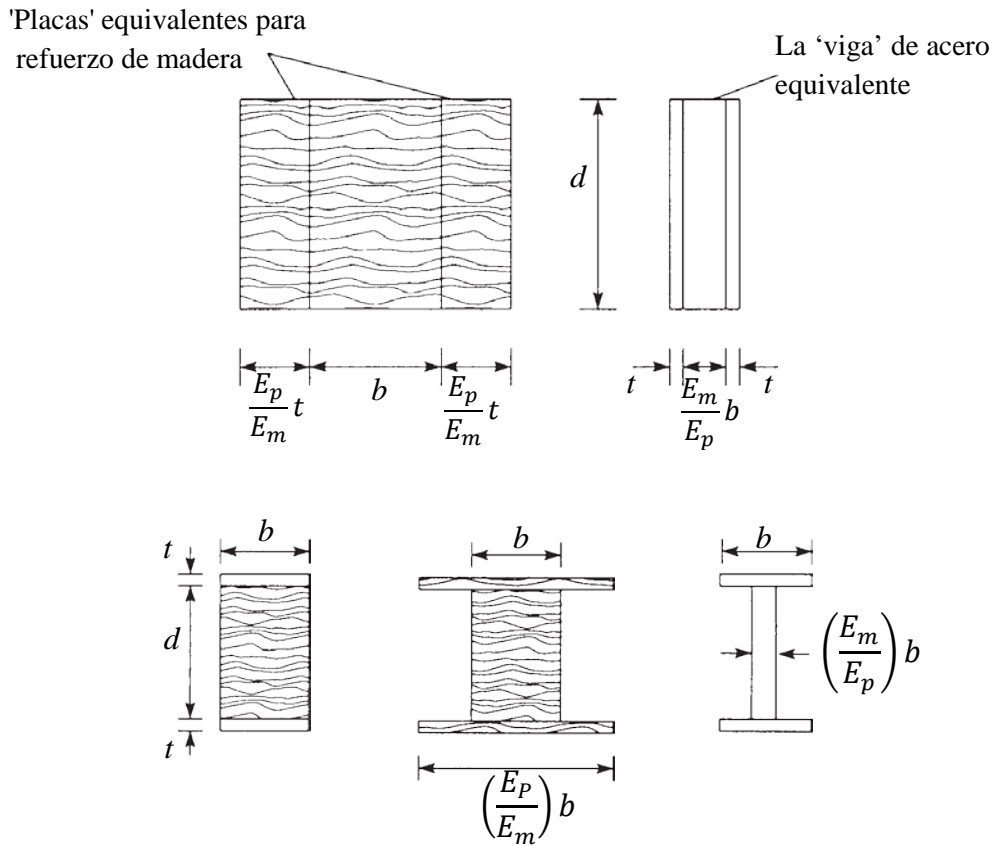


Imagen 4.27. – tomada de [9]

#### 4.3.8. Patentes de uniones de madera con metal

Aquí se van a mostrar diferentes tipos de uniones de madera con metal patentados por 'patentes de Estados unidos'.

##### 4.3.8.1. Madera laminada reforzada

Este patente se dedica a explicar cómo se puede reforzar madera laminada con barras deformadas de metal. La madera comprime número de láminas unidas por la cola de resina. Existen por lo menos dos barras longitudinales. La estructura compuesta ofrece la capacidad más alta de carga y reducción del desvío bajo la carga. El uso principal es como las vigas y columnas estructurales de madera.



Las barras de refuerzo 4 se encuentran en canales 3 en la madera. Los canales son preferiblemente posicionados así que el espesor de madera  $a$  cubriendo la barra es aproximado igual al espesor de cobertura del lado de viga  $b$ . Es preferido que los canales sean ajustados lo mejor posible a la dimensión y forma de la barra. Por eso es lo mejor posicionar la barra entre láminas.

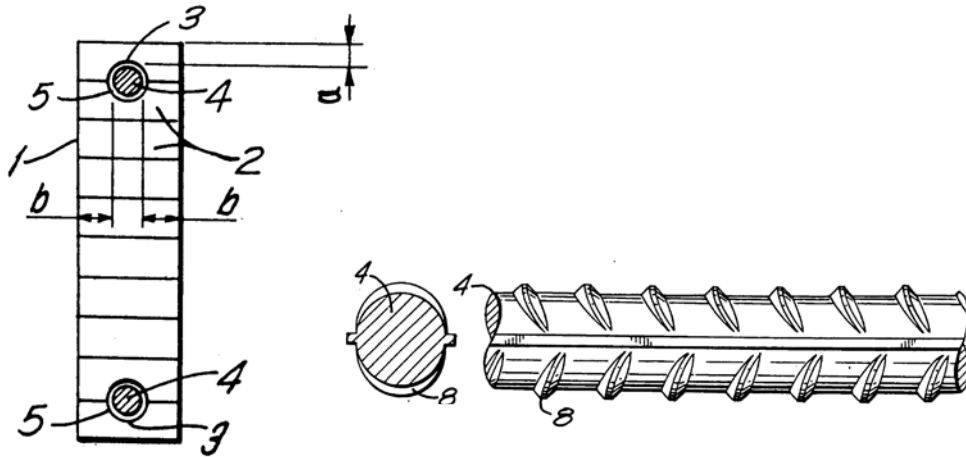


Imagen 4.28. – tomada de []

Las barras de refuerzo son empotradas en canales con la cola en base de resina. De esta manera, la madera rodeando las barras es más fuerte a cortante, tensión o carga que la madera sola.

En la imagen 4.29. está ilustrada la viga de caja laminada que tiene dos láminas de madera por cada cara longitudinal, red ligera de madera contrachapada formada por cada cara de la viga y barras de acero para refuerzo situadas en canales entre láminas de madera.

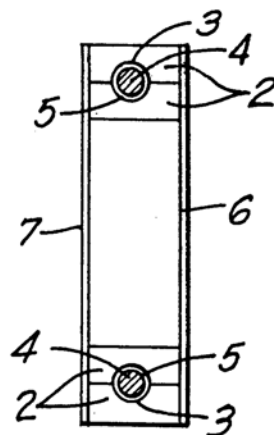


Imagen 4.29. – tomada de [A]

Aumentos de rigidez y resistencia mostrados en esta unión son similares a esos del elemento en imagen 4.28.

En las vigas reforzadas de una de dos maneras mostradas, las barras de refuerzo toman el parte de la carga mucho más grande que la madera en vigas. Eso significa que la capacidad de la carga va a cambiar mucho menos debido a propiedades atmosféricas y debido a cambios de propiedades de madera, cuales, por supuesto, no influyen las barras de acero. Eso significa que la debilidad inherente y la disparidad de resistencia de madera, también, tienen el efecto reducido a la resistencia de elemento entero.

En la imagen 4.30. se ilustran diferentes tipos de empotramiento según el tipo de uso de elementos reforzados. El método de conexión se puede lograr en diferentes maneras:

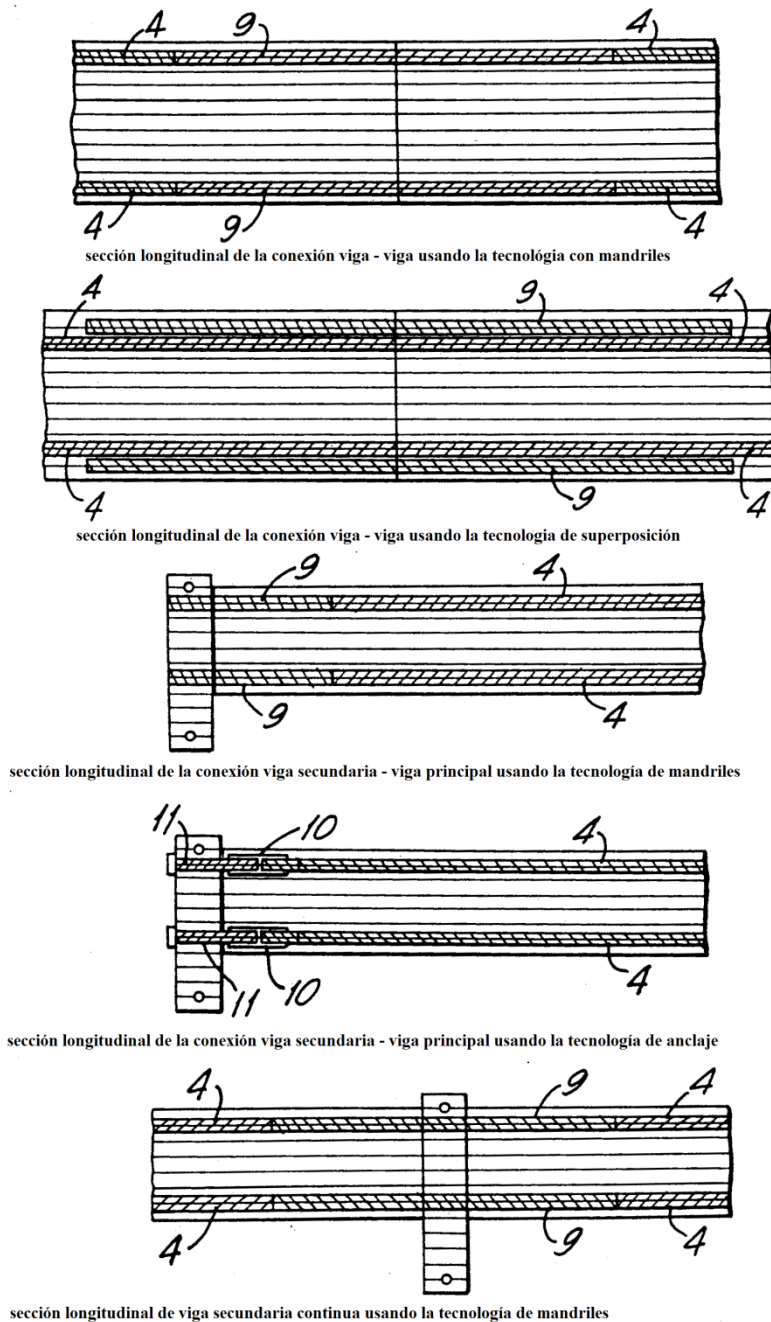
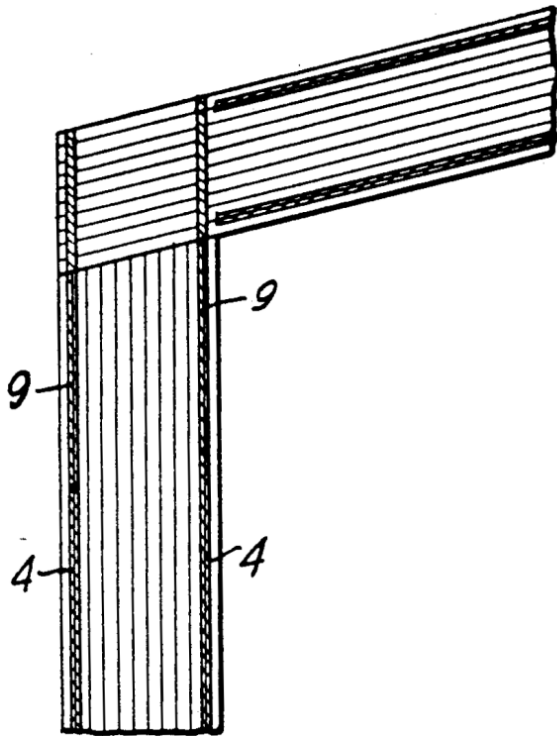
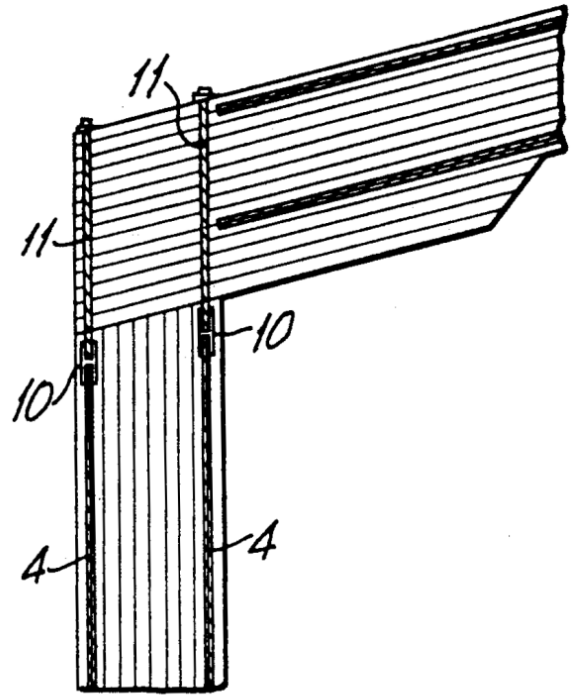


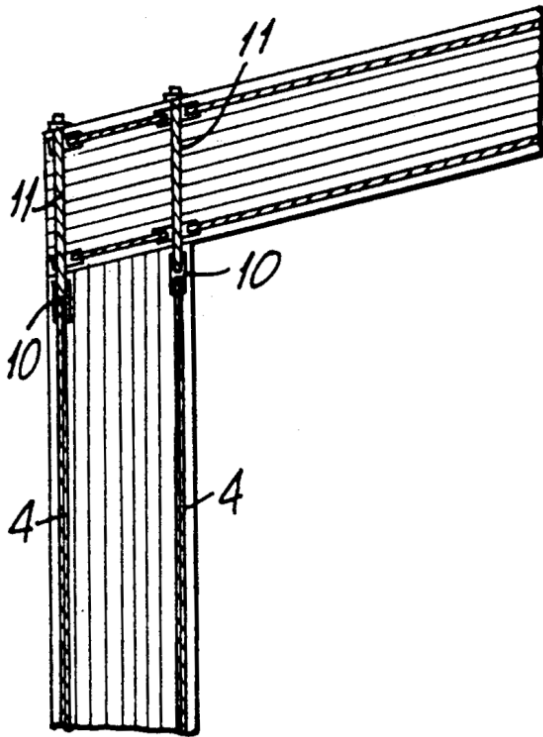
Imagen 4.30 – tomada de [A]



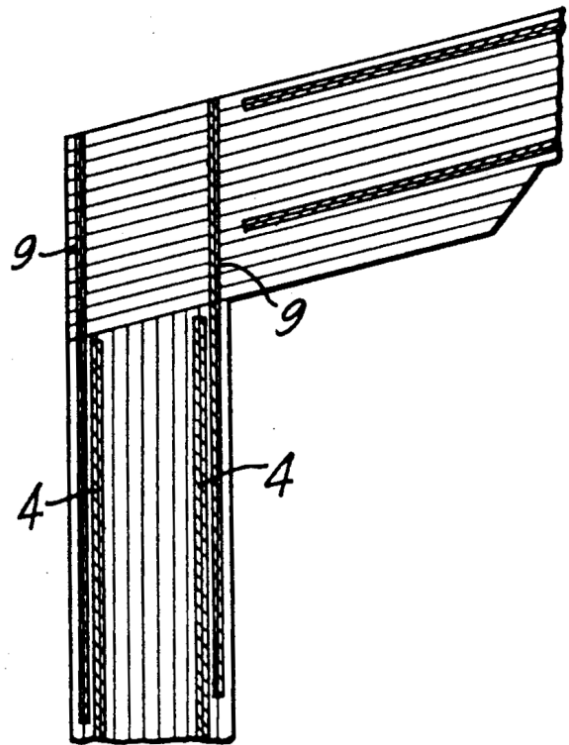
sección longitudinal de la conexión viga - columna usando la tecnología de mandriles



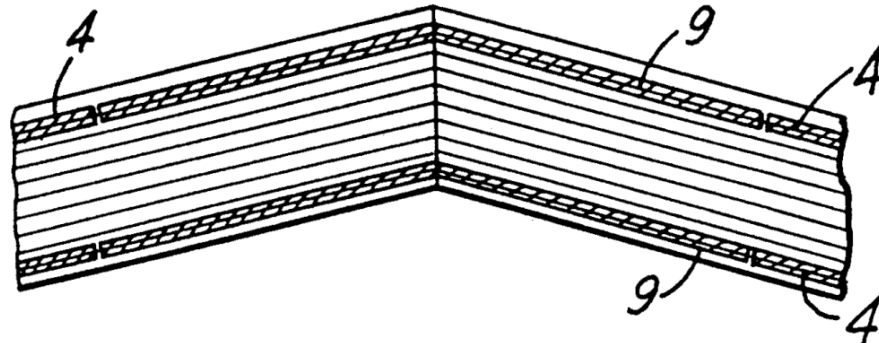
sección longitudinal de la conexión viga - columna usando la tecnología de anclaje mecánico



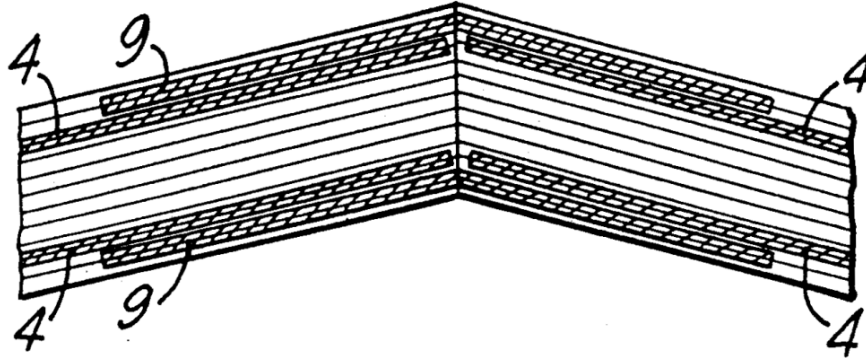
sección longitudinal de la conexión viga - columna usando la tecnología de superposición



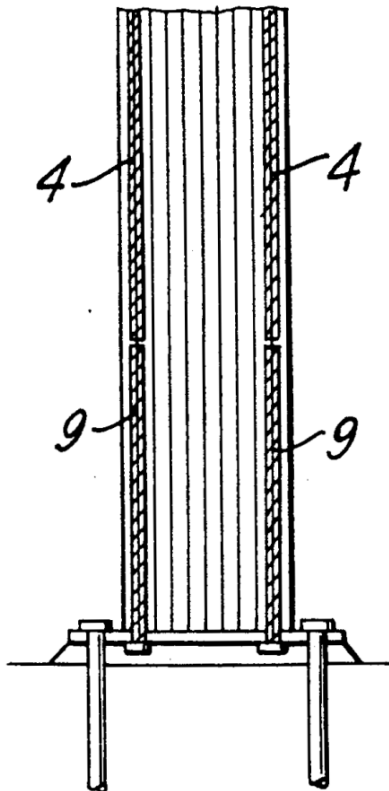
sección longitudinal de la conexión viga - columna usando la tecnología de anclaje mecánico



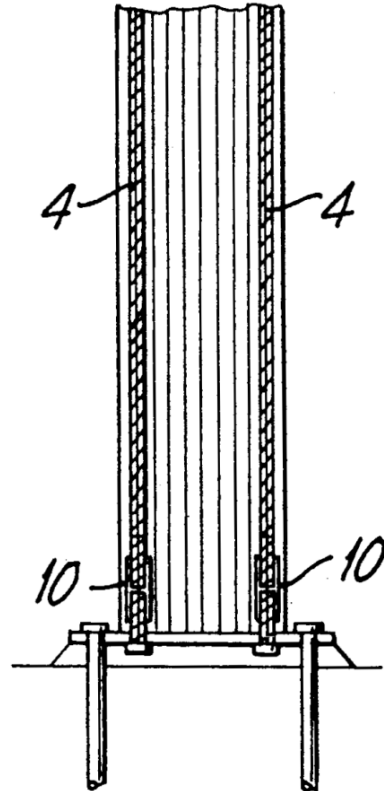
sección longitudinal de la conexión de viga cumbre usando la tecnología de mandriles



sección longitudinal de la conexión de viga cumbre usando la tecnología de superposición



sección longitudinal del fundamento de columna usando la tecnología de mandriles



sección longitudinal del fundamento de columna usando la tecnología de anclaje mecánico

## 4.3.8.2. Columna madera – metal

La combinación fabricada de un canal largo de metal y, por lo menos, dos vigas cortas de madera para formar la columna de longitud normal con parte central de metal y partes de madera descubierta. Otro parte de madera puede ser añadido en la mitad para rigidizar adicionalmente la columna.

Esta invención se relaciona como el substituyo para vigas de madera usadas en la industria de construcción, principalmente en la construcción de casas, oficinas y otros lugares donde se vive y trabaja.

Las características y ventajas de esta invención se comprenden mejor a través de ilustraciones.

Imagen 4.31. muestra la manera de uso para la viga de combinación en esta invención: la columna en la estructura de muro tiene la placa superior y placa de piso con número de columnas verticales apartados uno de otro aproximadamente 40 cm.

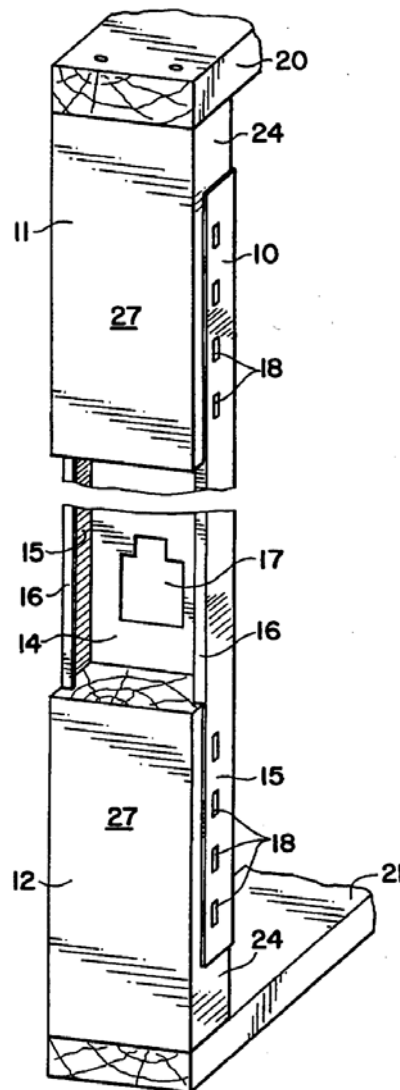
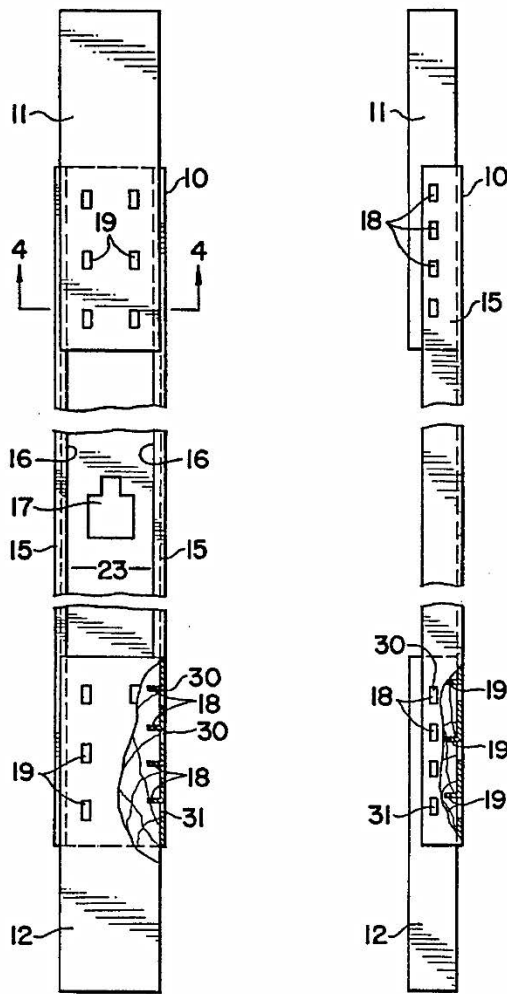
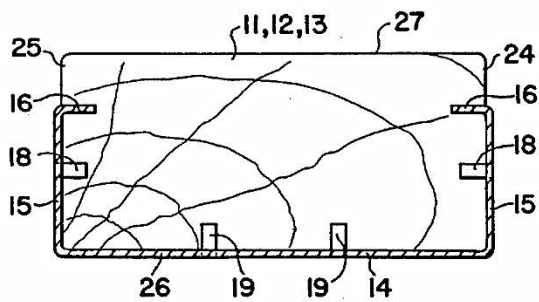


Imagen 4.33. – tomada de [B]

Cada columna debería ser la viga combinada mostrada en la imagen 4.32.:



elevación frontal de la viga    elevación lateral de la viga

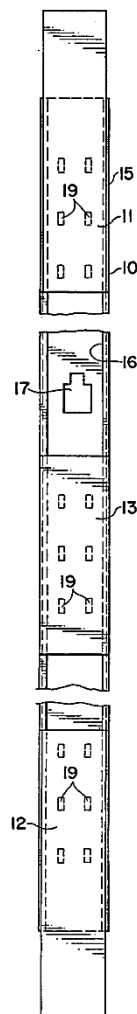


sección transversal de la viga

Imagen 4.34. – tomada de [B]

Cada viga combinada incluye el canal central largo de metal, 15 – 28 cm de longitud, terminado en cada extremo con partes cortos de madera. Cada sección de extremo es ajustada exactamente dentro del canal. El canal tiene el muro de fondo y dos muros laterales paralelos uno a otro y perpendiculares al muro de fondo. Para asegurar la rigidez necesaria de la viga, el canal se aprieta muy fuerte con las vigas de madera. Existen por lo menos dos maneras de hacer eso: como el primero, presionando las alas del extremo superior de muros laterales dentro los lados de partes de madera, como segundo, perforando placas en las vigas de madera cuales resten empotradas en la madera.

La imagen 4.33. muestra otro tipo de empotramiento donde se usan tres partes de madera. La adición de tercero parte de madera no tiene ninguna importancia especial menos que ofrece longitud central de la viga de madera donde podemos insertar clavos y tornillos para facilitar la cuelga de chapas de muro u otros cubiertos especiales de muro. La inclusión de tercero parte también puede incrementar la rigidez de la viga combinada.



elevación frontal de la viga  
con tres partes de madera

Imagen 4.35. – tomada de [B]

Una de las ventajas de esta invención es la posibilidad de uso para desechos de madera cuales se acumulan en cada sitio de la construcción porque los carpinteros cortan la madera para encajar en algún lugar específico, o en el almacén de maderas donde se fabrican cerchas y elementos similares.

Por supuesto, principalmente por las razones económicas, los canales de metal deberían ser lo más ligero posible, particularmente si no son cargantes. En el caso de columnas de carga, es posible usar la construcción de la imagen 4.33. a lo mejor con otro canal de metal sin alas. El fondo de canal debería ser contra de la cara frontal de viga y las caras laterales conteniendo placas perforadas cuales pasan a través de ambos espesores de caras de metal de muros.

#### 4.3.8.3. Columna híbrida de metal para sistema de marcos madera – metal

La invención se relaciona con sistema híbrido de construcción usando columnas de metal en construcción con marcos de madera.

La invención se basa en la columna de metal que contiene: sección de metal alargado incluyendo dos alas juntadas por la red; las alas y lengüetas de la placa de red formadas en cada extremo de la columna, las lengüetas son plegables de la posición en el plano de red hasta la posición completamente perpendicular a la red; una o más lengüetas formadas a largo de la red para posicionar y soportar dinteles, alfeizares y travesaños.

La forma conveniente de sección de metal largo es canal de sección C o Z.

Las lengüetas de la placa de red son formadas en plano de red cortando la red en la forma de lengüeta. Incisión o muesca de la red a lo largo de la línea de plegamiento va facilitar doblamiento de la lengüeta en la posición perpendicular a la red.

Hay numerosos agujeros de conectores a lo largo de la columna para conectar la madera a la columna en las lengüetas. La madera que se conecta es usualmente placas de fondo y placas superiores, dinteles, alfeizares y travesaños u otros elementos constructivos de madera. Los agujeros de conectores pueden ser hendidos para posicionar la cabeza del tornillo.



En la imagen 4.34. se muestra columna de acero formada con elemento de canal de sección C.

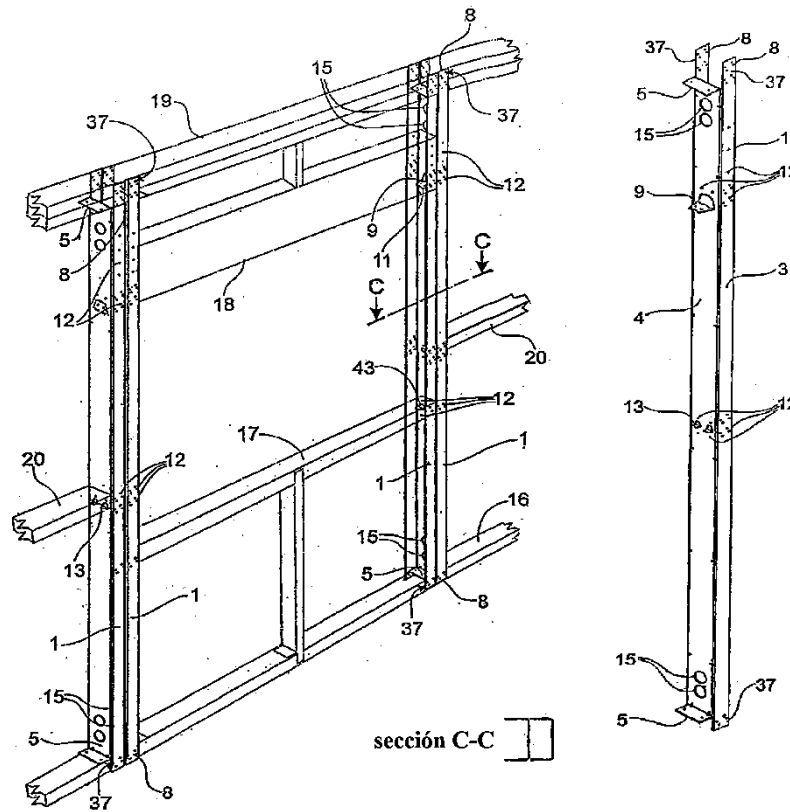


Imagen 4.36. – tomada de [C]

El imagen 3.35. muestra la columna de acero con sección Z del canal. La construcción de ambas columnas (sección C y sección Z) es la misma excepto la sección usada.

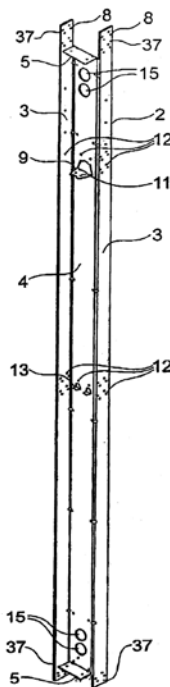


Imagen 4.37. – tomada de [C]

La columna puede ser formada por redoblamiento, presión o de otra manera para producir la sección de canal con alas paralelas y la red de junto. En cada extremo de la columna se forma la lengüeta plegable de la placa de red y dos lengüetas de alas. La lengüeta de la red se forma en el plano de red cortando el junto entre ala y red. En la imagen 3.36. está mostrada la lengüeta plegada afuera en ángulos aproximadamente rectos a la red. Dos costillas hendidas sirven para encerrar la lengüeta en la posición plegada.

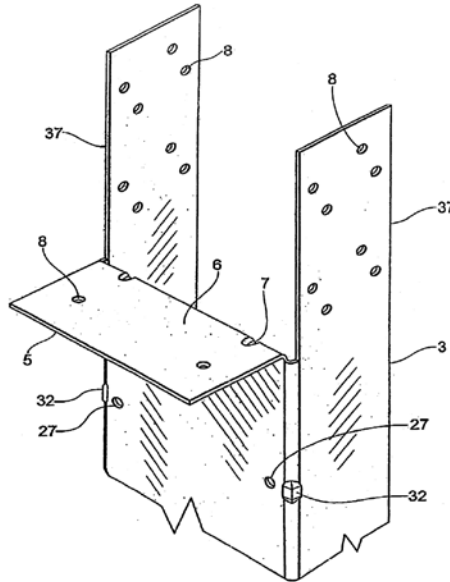


Imagen 4.38. – tomada de [C]

Diferentes tipos de lengüetas dependiendo del uso son ilustrados en la imagen 3.37.:

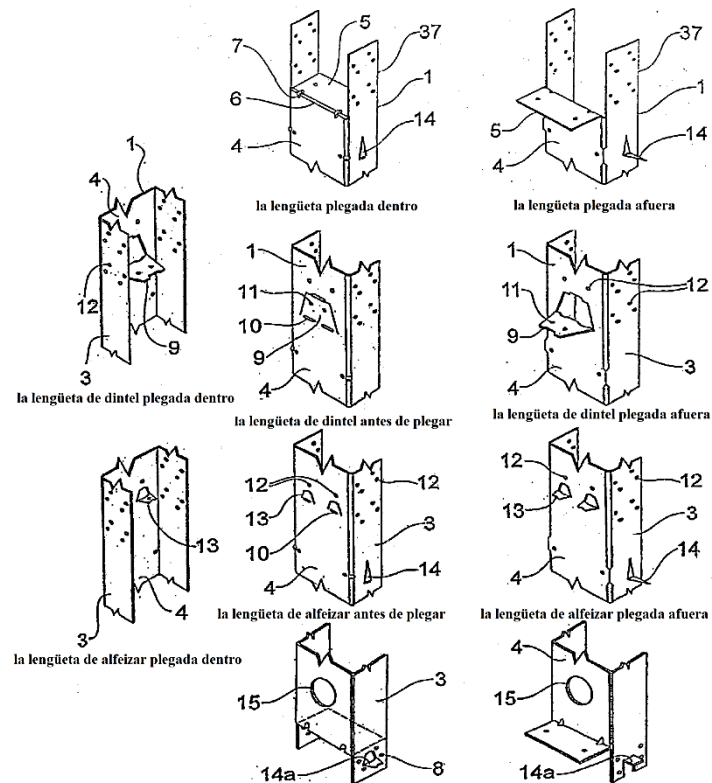


Imagen 4.39. –tomada de [C]

La invención ofrece ventajas significantes no disponibles con la clásica columna de acero y marcos constructivos. Unas de esas ventajas son: el uso de técnicas para marco tradicional de madera en lugar de marcos de metal para columnas de acero, con el uso de columnas de acero la rigidez de torsión es más alta, las cerchas de madera para el techo se pueden juntar con el marco constructivo de columna de metal usando métodos tradicionales de conectar madera.

Las ventajas de este tipo de construcción en vez de usar marcos tradicionales con las columnas de madera son: resistencia a infestación de termitas quitando el camino vertical de infestación, mientras permitiendo la construcción normal de marco de madera, uso de técnicas tradicionales de construcción con madera pero aumentando la fuerza del marco y reduciendo la oportunidad para defectos, uso continuo de elementos de madera baratos por el uso de columnas de acero.

## 5. COMPORTAMIENTO DE VIGA PRETENSADA CON CABLES

Para ver cómo se comporta una viga de madera pretensada con cables de acero, he hecho un cálculo con método de elementos finitos en el programa Tower 5.5<sup>1</sup>. El cálculo es lineal porque el problema es lineal.

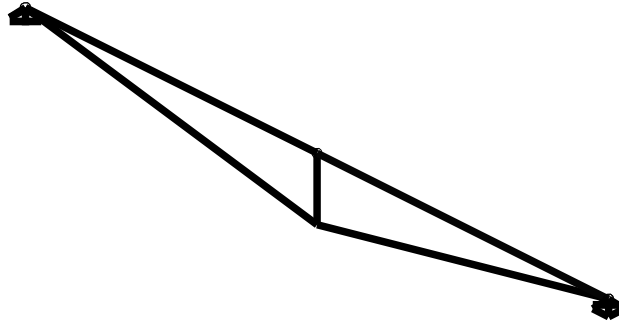


Imagen 5.1. – tomada de [D]

### 5.1. El sistema de apoyos

#### 5.1.1. El efecto de apoyos

El método de funcionamiento del sistema de desviadores es ofrecer los inter-apoyos a la viga de cierta sección y longitud y con eso disminuir la longitud. Poniendo la carga externa a la viga se activa la fuerza de contracción dentro del cable cual asegura el apoyo con verticales rígidas. La fuerza del cable céntrico o excéntrico presiona la viga en los extremos de la viga y produce contra-tensiones de esos esperados bajo la carga. El flujo de fuerzas muestra que este sistema está cerrado y que asegura la pretensión a sí mismo.

#### 5.1.2. El cálculo aproximado del sistema de apoyos

El cálculo del sistema de apoyos en la práctica hasta ahora implicó la búsqueda de impactos característicos dentro de los elementos de sistema dejando de lado los movimientos verticales de inter-apoyos. Así se han utilizado fórmulas de cálculo de impacto, con la suposición de la inmovilidad vertical de inter-apoyos (5.1. y 5.2.).

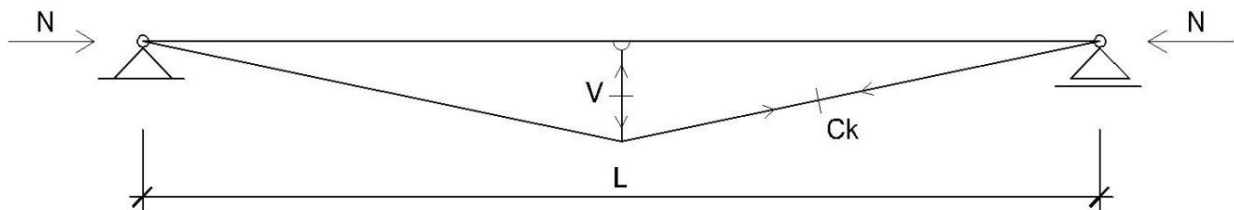


Imagen 5.2.

<sup>1</sup> Tower 5.5. – el programa de cálculo con el método de elementos finitos, explicado en el anexo E.

$$M_1 = -\frac{qL^2}{32}$$

$$V = -\frac{5}{8}qL$$

$$C_k = \frac{5}{16} \cdot \frac{qL}{\sin\alpha}$$

$$N = -\frac{5}{16} \cdot \frac{qL}{\operatorname{tg}\alpha} \quad (5.1.)$$

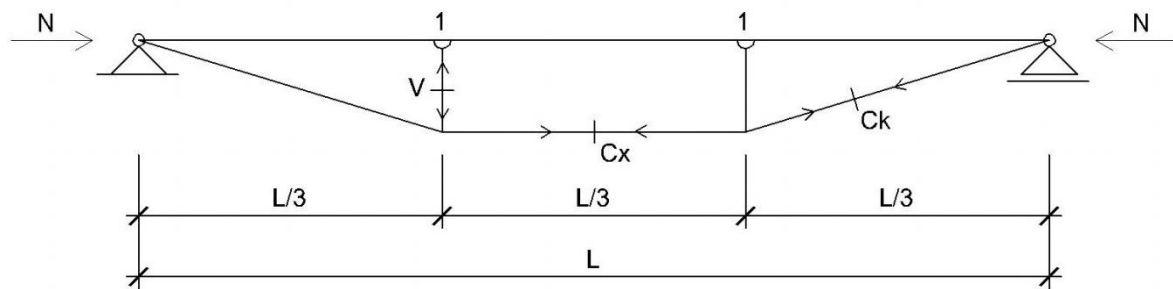


Imagen 5.3.

$$M_1 = -\frac{qL^2}{90}$$

$$V = -\frac{11}{30}qL$$

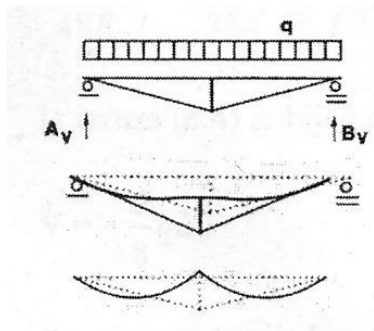
$$C_k = \frac{11}{30} \cdot \frac{qL}{\sin\alpha}$$

$$Cx = -N = \frac{11}{30} \cdot \frac{qL}{\operatorname{tg}\alpha} \quad (5.2.)$$

### 5.1.3. El impacto de deformaciones

Los valores característicos de impacto en el sistema de apoyos de acuerdo con fórmulas (5.1.) y (5.2.) representan los valores aproximados. El inter-apoyo que forma la vertical no es inmóvil verticalmente. Aflojo de inter-apoyos pasa debido a: deformaciones elásticas de prolongación del cable y acortamiento elástico de la zona superior laminada y la vertical, relajación del acero del cable, y posibles aflojos y deformaciones en los detalles de uniones de la sistema. Todas las deformaciones nombradas son la razón para la aparición de valores absolutos de momentos más altos de flexión longitudinal (imagen 5.4.) y valores de fuerzas normales más bajos que los valores en las formulas (5.1.) y (5.2.). Dimensionando los elementos de la sistema de acuerdo con los valores de influencia calculados aproximadamente se obtiene un resultado satisfactorio porque se obtienen los elementos más rígidos y con eso menos deformables. El estado de tensión en la viga aproximadamente corresponde al estado

de tensión de sistema deformado por el establecimiento de equilibrio de crecimiento de momento y disminuyo de la fuerza normal de presión.



a) el diagrama real de deformaciones

b) el diagrama de momentos de flexión de sistema deformable

Imagen 5.4.

## 5.2. La aplicación de la fuerza externa de pretensión

La influencia de deformabilidad de sistema sobre el tamaño de fuerzas en la sección está más expresada en el caso de apoyos de lapsos más grandes. En este caso, considerando la suposición del cálculo aproximado, el pre-dimensionamiento de elementos de sistema y cómo lograr su rigidez más grande representa la solución antieconómica.

### 5.2.1. Idea y objetivo de pretensión

La idea de pretensión del sistema de apoyo es obtener la deformabilidad más pequeña del sistema con la fuerza de tensión adicional en el cable angulado. Con eso se obtiene el estado más favorable de tensiones en la viga laminada, donde la fuerza normal de presión aumentada disminuye las tensiones reales de tracción con la pretensión, mientras se hace la redistribución más favorable de momentos de flexión.

El objetivo básico de pretensión de construcciones de este tipo es ahorro de madera en la viga laminada.

5.2.2. El cálculo de la fuerza de pretensión

En este trabajo se explica el utilizo de la fuerza externa de pretensión en el sistema con uno o dos cables y la zona superior de la madera laminada (imagen 5.5.).

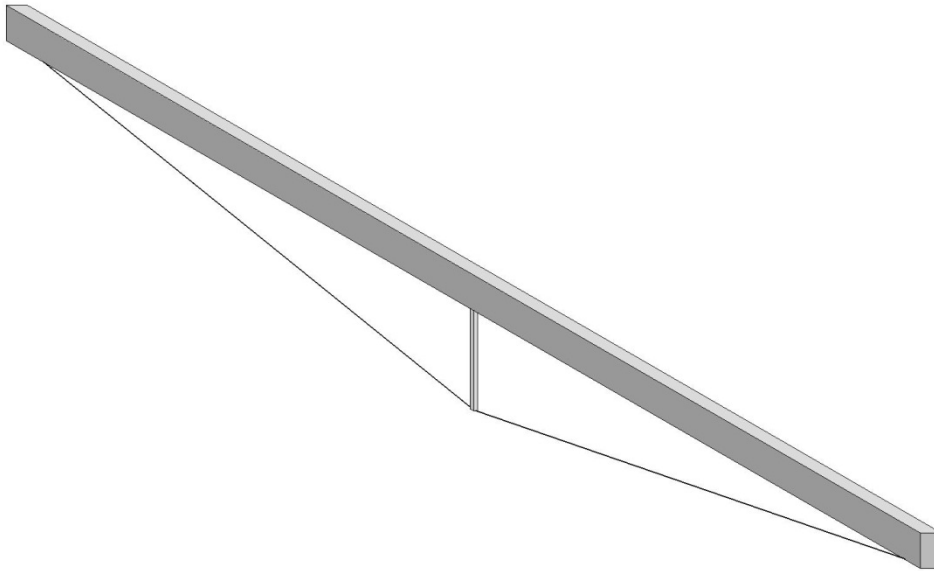


Imagen 5.5.

Se trata de una viga de 15.0 metros de madera laminada, con la sección transversal de 25x50 cm, el desviador de acero del perfil de 6x6 cm alto 1.5 m y el cable de 1 cm (imagen 5.6.).

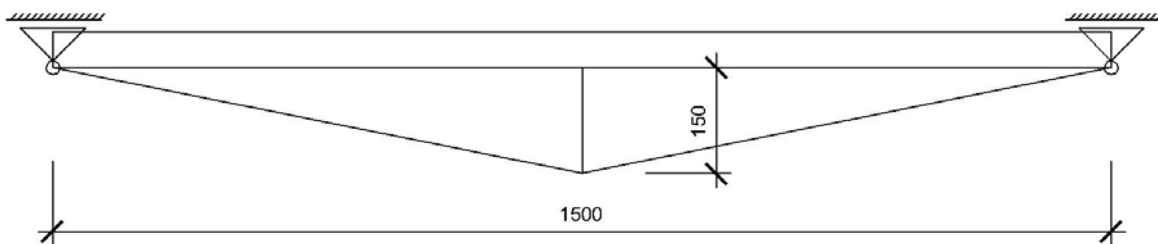
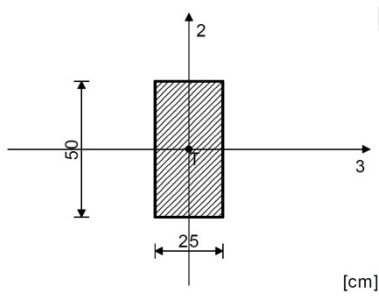
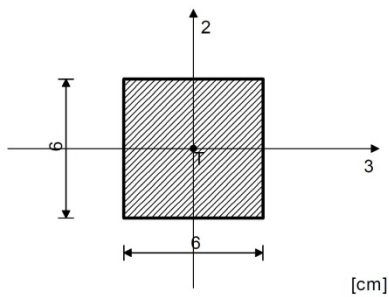


Imagen 5.6.

Elemento 1: sección transversal rectangular



Elemento 2: sección transversal rectangular



Elemento 3: sección transversal circular

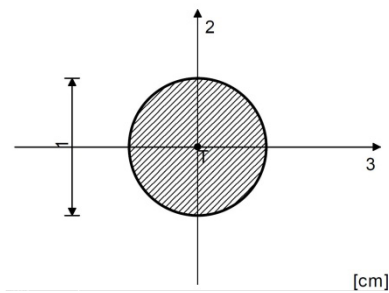


Imagen 5.6. – tomada de [D]

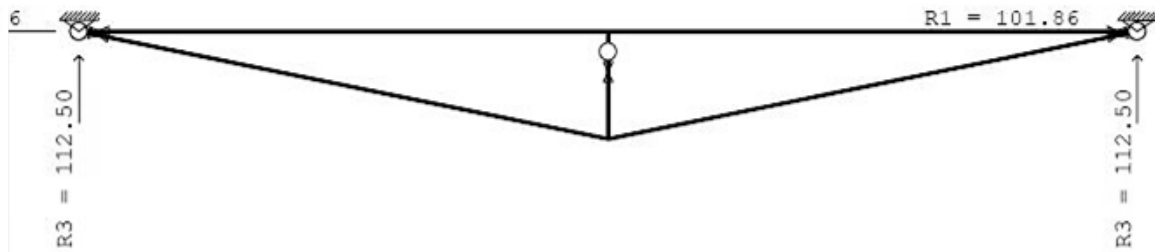
La carga puesta sobre el sistema es  $q=15 \text{ kN/m}$ . La tensión permitida para el cable es  $24 \text{ kN/cm}^2$ .

He puesto tres variantes de la viga para ver cómo se comporta la construcción y para comparar esos tres tipos. La primera es viga sin pretensión.

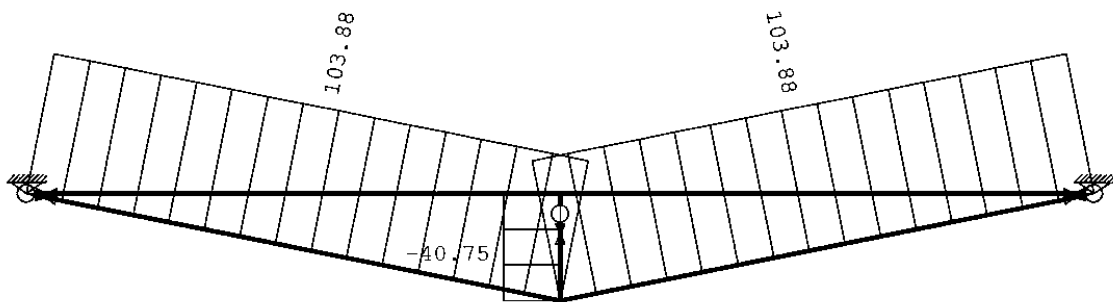


5.2.2.1. La viga 1 (sin pretensión)

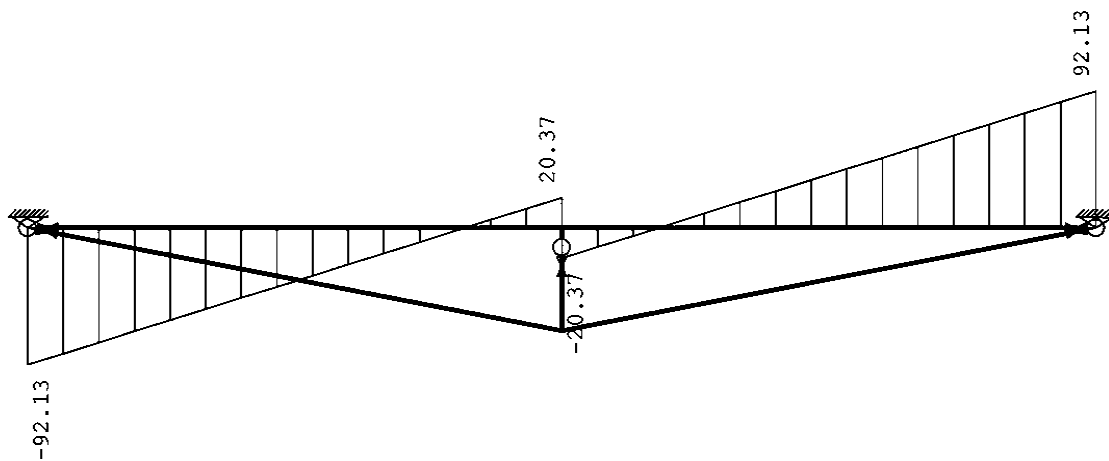
En la imagen 5.7. se pueden ver las reacciones y las influencias en la viga 1 (viga sin pretensión) hechos con el modelo en TOWER:



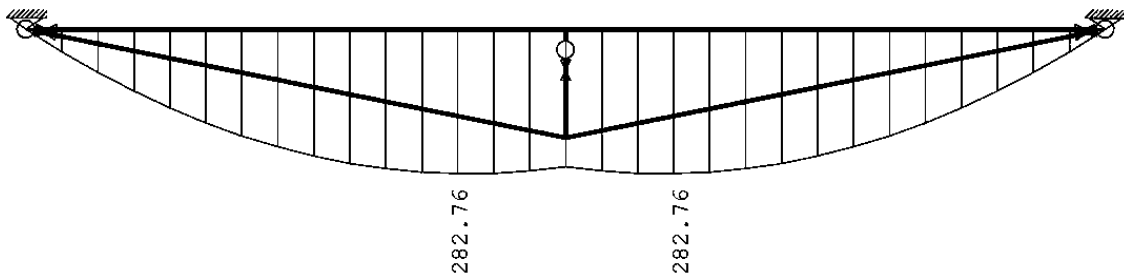
Reacciones en los apoyos:  $R_3=112.5$  kN



La fuerza normal en la viga:  $N_{\max}=103.88$  kN;  $N_{\min}= - 40.75$  kN



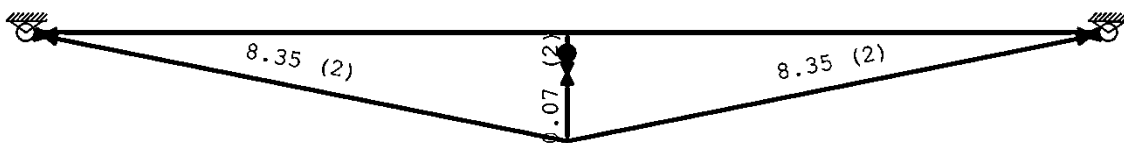
La fuerza transversal en la viga:  $T_{\max}=92.13$  kN;  $T_{\min}= - 20.37$  kN



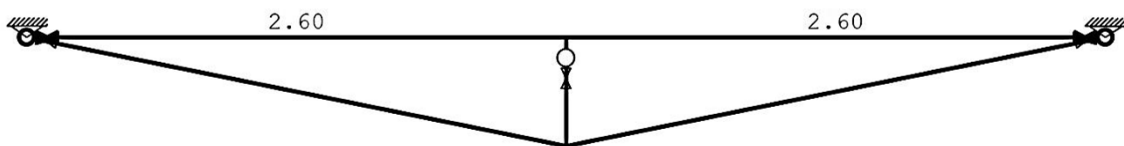
Los momentos en la viga:  $M_{\max}=282.76 \text{ kNm}$ ;  $M_{\min}=0.00 \text{ kNm}$

Imagen 5.7. – tomada de [D]

Para comprobar si la viga puede soportar la carga se hace el control de tensiones y control de estabilidad (imagen 5.8.). La tensión permitida en el acero es  $\sigma_{p,a}=24 \text{ kN/cm}^2$  y en la madera laminada es  $\sigma_{p,m}=1,1 \text{ kN/cm}^2$ <sup>3</sup>. El coeficiente de seguridad tomado en el cálculo es  $C_s=1.0$ .



El control de tensiones en los cables:  $\sigma_{\max}=8.35\sigma_p$ ;  $\sigma_{\min}=0.07\sigma_p$



El control de estabilidad en la viga:  $\sigma=2.60\sigma_{p,m}$

Imagen 5.8. –tomada de [D]

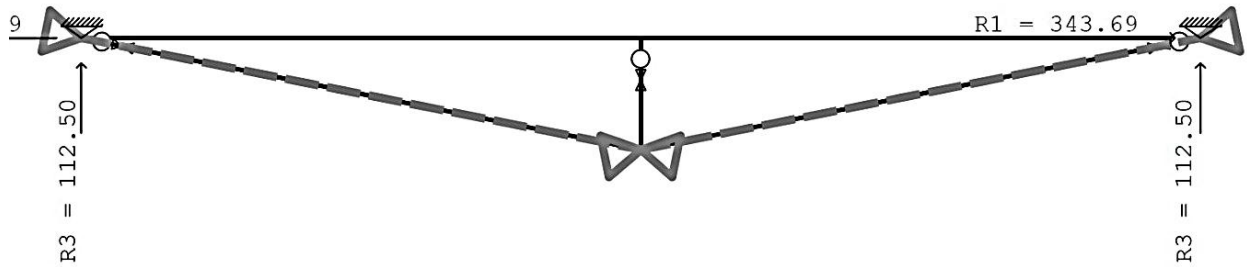
De estos diagramas de tensiones y de sus controles se puede ver que la viga de esta forma pero sin pretensión, no puede soportar la carga puesta sobre ella. La tensión soportada en los cables debería ser 8.35 veces más grande, y en la viga de madera 2.06 veces.

<sup>2</sup> La tensión permitida de acero de clase S240 es  $24 \text{ kN/cm}^2$ .

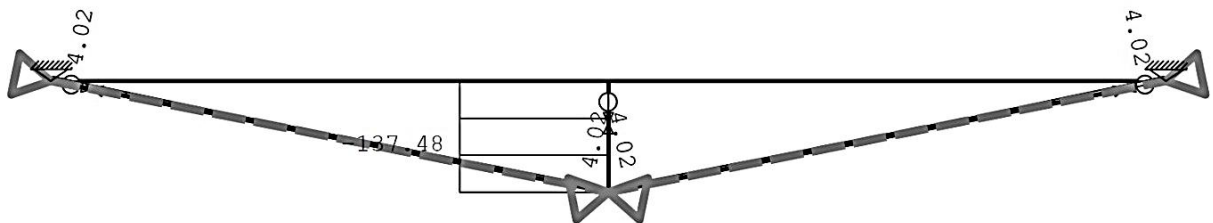
<sup>3</sup> La tensión permitida en madera laminada es  $1,1 \text{ kN/cm}^2$ .

5.2.2.1. La viga 2 (pretensada con un cable)

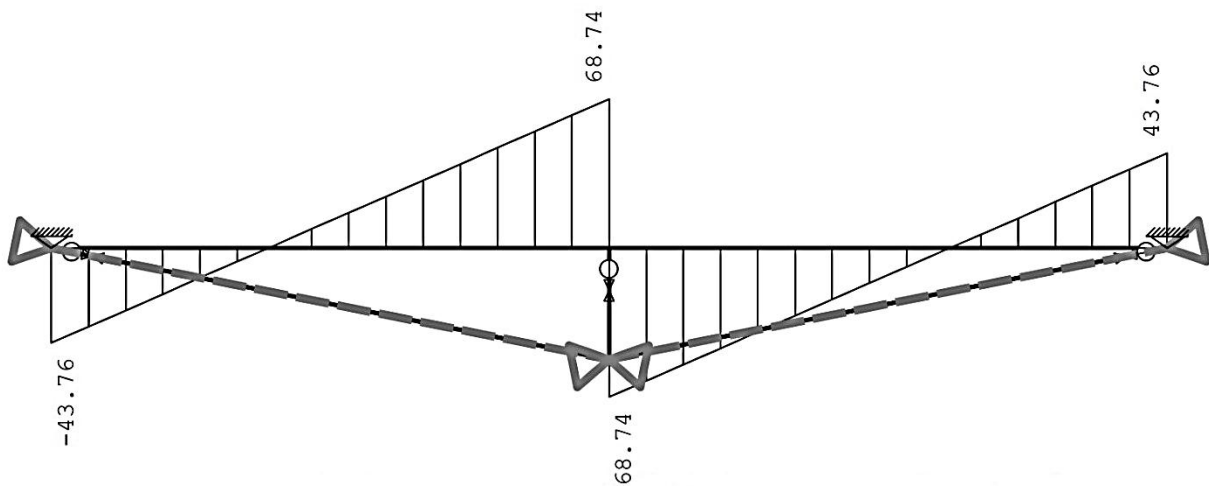
En el próximo ejemplo se puede ver cómo se comporta la viga pretensada por un cable. La fuerza de pretensión es 350 kN. En la imagen 5.9. se pueden ver las reacciones y las influencias en la viga, hechos con el modelo en TOWER:



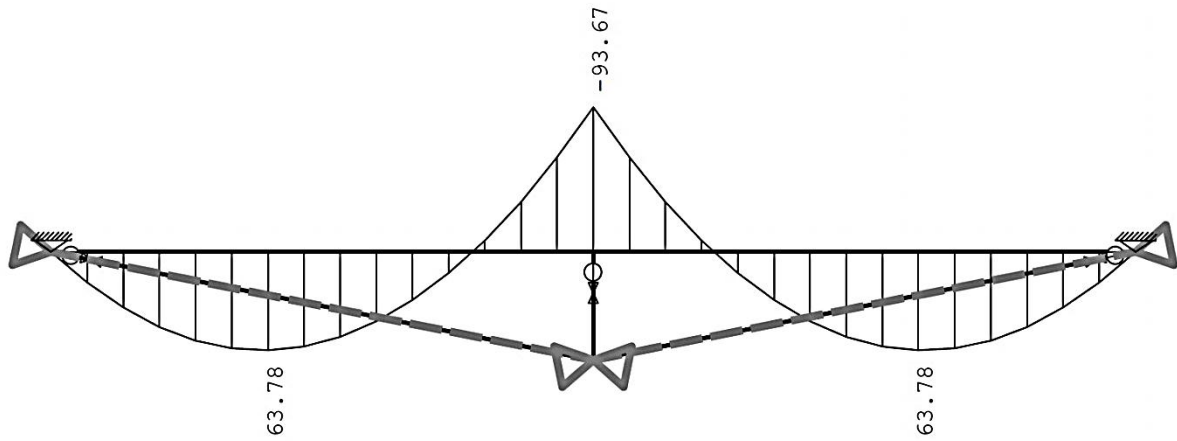
Reacciones en los apoyos:  $R_3=112.5$  kN



La fuerza normal en la viga:  $N_{\max}=4.02$  kN;  $N_{\min}= - 137.48$  kN



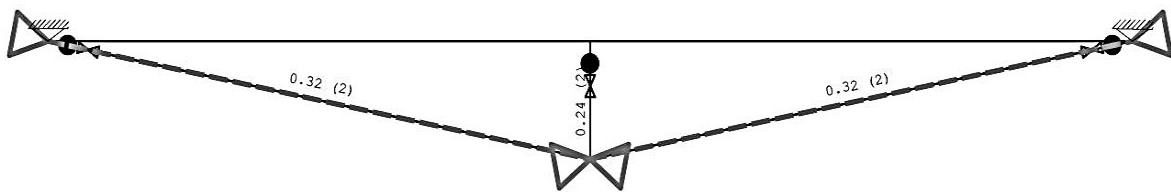
La fuerza transversal en la viga:  $T_{\max}=68.74$  kN;  $T_{\min}= - 68.74$  kN



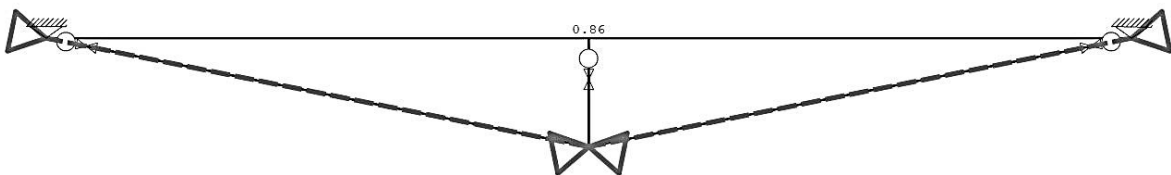
Los momentos en la viga:  $M_{\max}=63.78$  kNm;  $M_{\min}=-93.67$  kNm

Imagen 5.9. – tomada de [D]

En la imagen 5.10. se puede ver el control de tensiones y control de estabilidad.



El control de tensiones en los cables:  $\sigma_{\max}=0.32\sigma_p$ ;  $\sigma_{\min}=0.24\sigma_p$

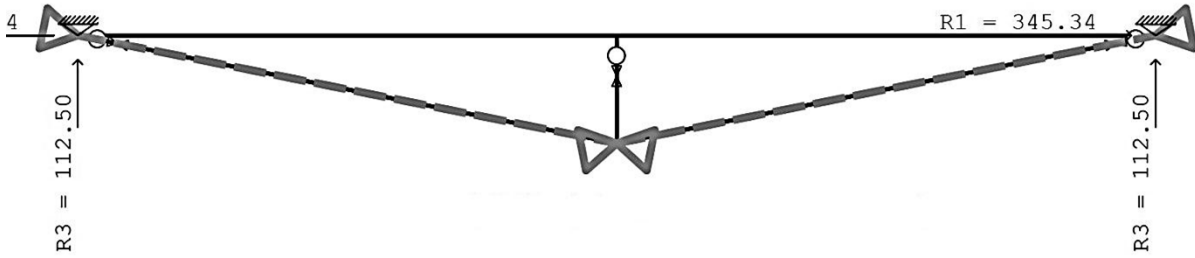


El control de estabilidad en la viga:  $\sigma=0.86\sigma_{p,m}$

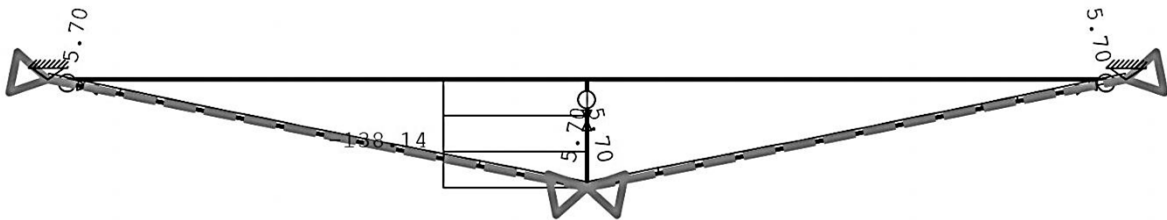
Imagen 5.10. – tomada de [D]

5.2.2.1. La viga 3 (pretensada con dos cables)

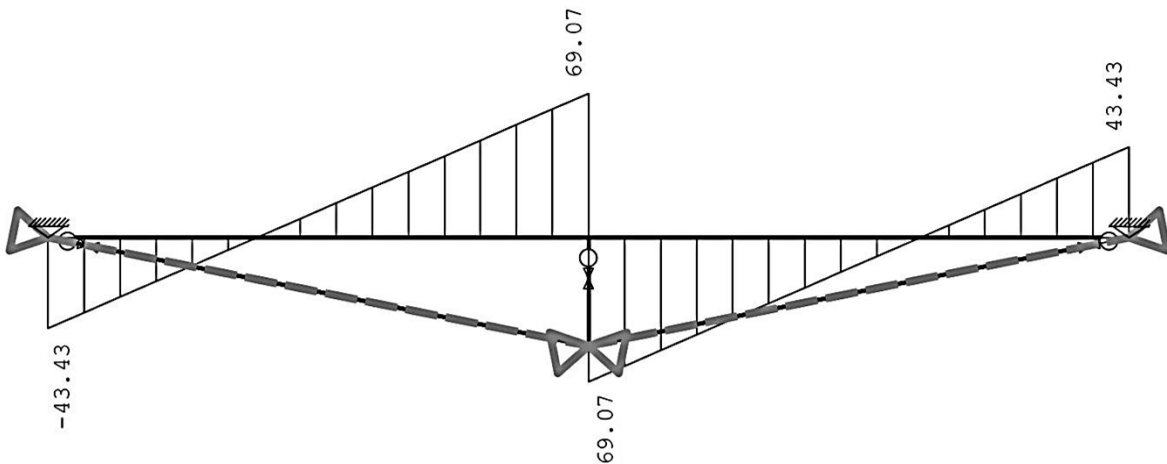
La viga 3 esta pretensada por dos cables, uno por cada lado de la viga. La fuerza de pretensión es 350 kN. En la imagen 5.11. se pueden ver las reacciones y las influencias en la viga, hechos con el modelo en TOWER:



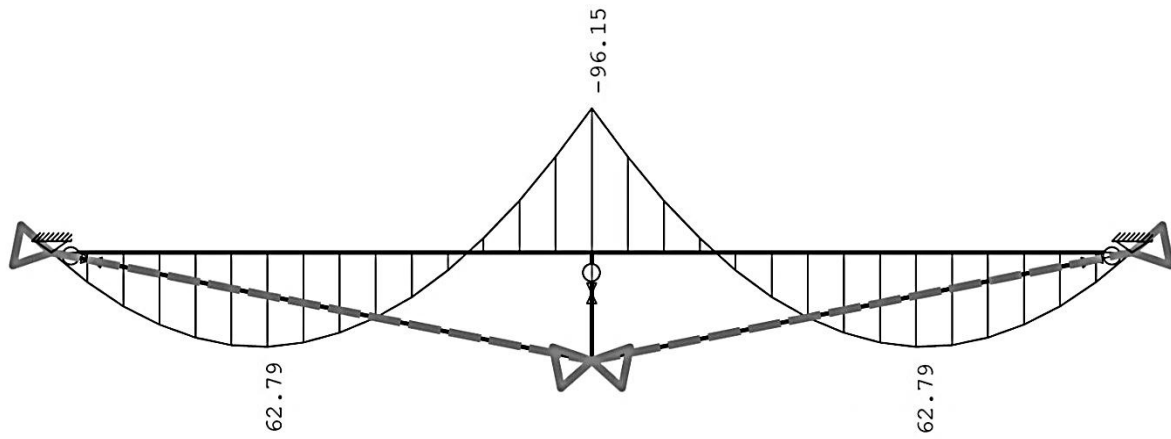
Reacciones en los apoyos:  $R_3=112.5$  kN



La fuerza normal en la viga:  $N_{max}=5.70$  kN;  $N_{min}= - 138.14$  kN



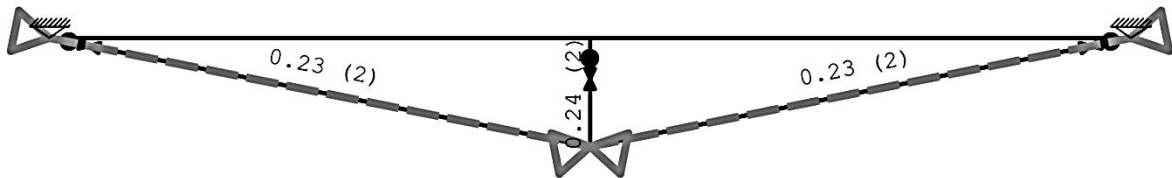
La fuerza transversal en la viga:  $T_{max}=69.07$  kN;  $T_{min}= - 69.07$  kN



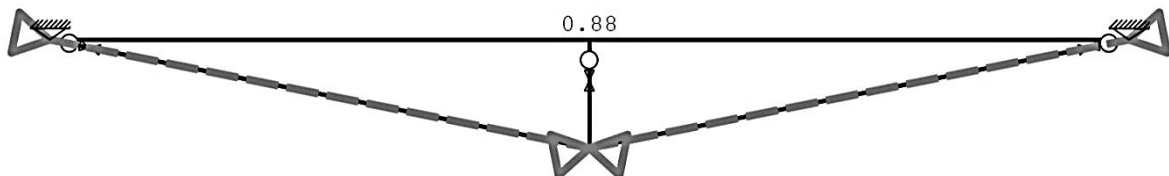
Los momentos en la viga:  $M_{\max}=62.79$  kNm;  $M_{\min}=-96.15$  kNm

Imagen 5.11. – tomada de [D]

En la imagen 5.12. se puede ver el control de tensiones y control de estabilidad.



El control de tensiones en los cables:  $\sigma_{\max}=0.23\sigma_p$ ;  $\sigma_{\min}=0.24\sigma_p$



El control de estabilidad en la viga:  $\sigma=0.88\sigma_{p,m}$

imagen 5.12. – tomada de [D]

### 5.2.3. La comparación entre 3 modelos de la viga

Para ver cómo se comportan las tres vigas hechas con el programa de elementos finitos TOWER 5.5, he usado la tabla de comparación (tabla 5.1).

Viga	Fuerza de pretensión [kN]	Reacciones [kN]	Fuerzas normales [kN]	Fuerzas transversales [kN]	Momentos [kN]	Control de tensiones [ $\times\sigma_p$ ]	Control de estabilidad [ $\times\sigma_p$ ]
1	0	$F_1 = 112.5$ $F_2 = 112.5$	$N_{\min} = -40.75$ $N_{\max} = 103.88$	$T_{\min} = -92.13$ $T_{\max} = 92.13$	$M_{\min} = -0.0$ $M_{\max} = 282.76$	8.35	2.60
2	350	$F_1 = 112.5$ $F_2 = 112.5$	$N_{\min} = -137.48$ $N_{\max} = 4.02$	$T_{\min} = -68.74$ $T_{\max} = 68.74$	$M_{\min} = -93.67$ $M_{\max} = 63.78$	0.32	0.86
3	350	$F_1 = 112.5$ $F_2 = 112.5$	$N_{\min} = -138.14$ $N_{\max} = 5.70$	$T_{\min} = -69.07$ $T_{\max} = 69.07$	$M_{\min} = -96.15$ $M_{\max} = 62.79$	0.23	0.88

Lo que podemos ver de esta tabla es que la viga sin pretensión no puede soportar la carga de 15 kN/m. La tensión es 8.35 veces más grande que la permitida y por eso tenemos que introducir la fuerza de pretensión. He usado 350 kN como la fuerza de pretensión. Es la fuerza que satisface las tensiones y de la madera y del acero.

### 5.3. Las ventajas y defectos de este sistema

Las ventajas de este sistema son múltiples. La primera sería la materialización. Tenemos la viga hecha en madera y usando la pretensión podemos superar largas distancias entre apoyos. El cable es suficiente delgado y no obstruye la vista de la madera. Otra ventaja es la construcción bastante ligera. La madera es más ligera que el hormigón reforzado. En el caso del fuego, está demostrado que la madera dura más tiempo de romper que el hormigón.

Los defectos que suceden en el sistema pretensado son las vibraciones de sistemas pretensadas. También, con los elementos pretensados puede suceder el problema de fractura por la fatiga del material. Otro problema que puede suceder en el sistema de madera pretensada es como acceder el elemento de pretensión, y también como instalar la zapatilla de pretensión para poder montar la viga sin problemas.

#### 5.3.1. Porque es mejor escoger el sistema con dos cables que con uno?

La primera razón es la distribución de las fuerzas. Si tenemos solo un cable, la fuerza total se tiene que poner dentro de él, o sea todos los 350 kN. Pero si tenemos dos cables, cada cable lleva solo la mitad de la fuerza total, 175 kN, o un parte específico dependiendo de la necesidad del sistema.

La otra razón es el fallo de la construcción. Si tenemos solo un cable, cuando falle algún parte, falla la construcción entera. Pero si tenemos dos cables y el fallo sucede en uno de los dos, todavía tenemos otro que, por lo menos, puede reducir el daño, hasta puede darnos tiempo de reparar el daño sin que cae todo.

Para montar la construcción con cables pretensados, es más fácil hacerlo con dos cables que con uno porque podemos poner la construcción de pretensión al lado de viga y accederla más fácil.

#### 5.4. Los detalles de conexiones

Existen diferentes modos de hacer este tipo de construcción, pero yo pienso que es muy importante poder acceder el tornillo de rectificación. Tampoco sería malo verificar, de vez en cuando, la fuerza de pretensión y, si hace falta, pretensar la construcción por la fuerza que perdió. Y por esta razón, tendría que estar posible llegar hasta los tornillos cuando sea.

La fuerza de pretensión en este tipo de construcción se hace con la llave de torsión. La mejor manera de introducir la fuerza dentro del cable es tener dos personas, si se trata de un cable, por cada lado de la viga poniendo la misma fuerza en el mismo momento con la llave. Si se trata de dos cables, necesitamos cuatro personas.

En el caso cuando tenemos dos cables, para poder montar la viga más fácil y, también, para poder acceder el tornillos, podemos poner la zapatilla con el tornillo al lado de la viga (imagen 5.13.)<sup>4</sup>.

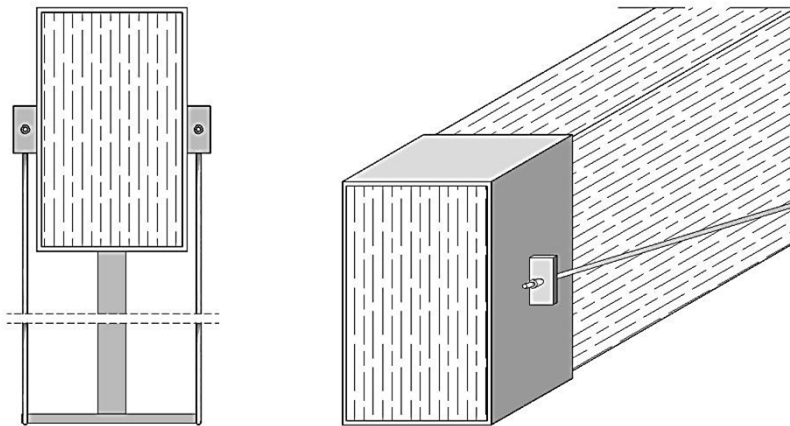


Imagen 5.13.

<sup>4</sup> Las imágenes no pertenecen a ningún libro. Son diseños propios.



Si tenemos un cable, la opción es poner el cable dentro de la madera perforando un agujero angulado (imagen 5.14.).

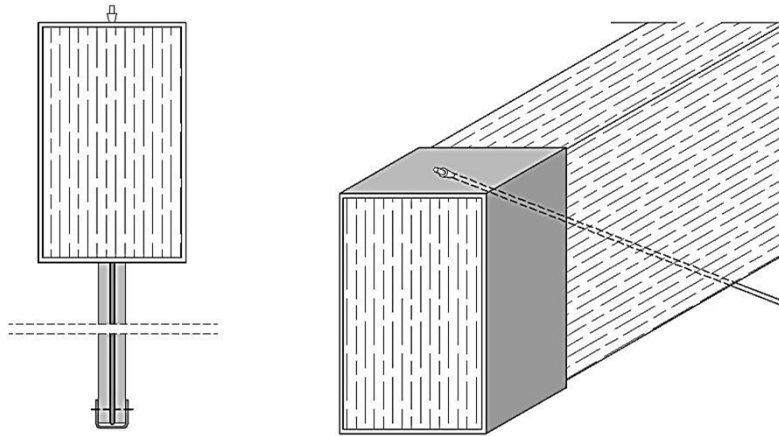


Imagen 5.14.

La otra posibilidad de hacerlo y todavía tener la posibilidad de maniobra es hacer la viga más larga para que parte pretensado termina antes que los apoyos (imagen 5.15.).

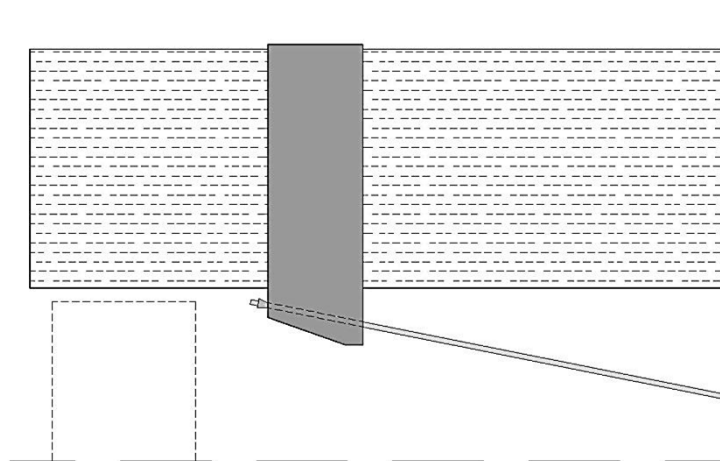


Imagen 5.15.

Para asegurar que no pasa el deslizamiento, el desviador tiene un canal donde se inserta el cable. Adicionalmente, aseguramos el cable en el desviador con un anclaje de estaño (imagen 5.16.).

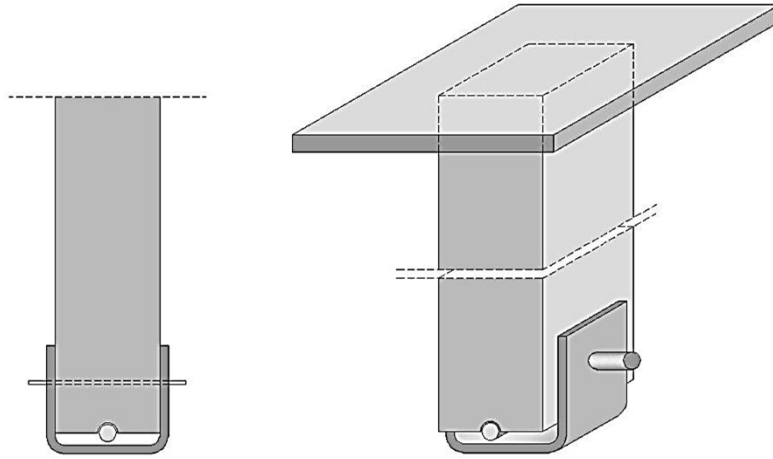


Imagen 5.16.

Los detalles que he mostrado son algunos cuales yo considero adecuados para este tipo de construcción. Con estos tipos de conexiones, mostrados en los imágenes de arriba, se puede acceder a los tornillos en cada momento y eso facilita el control de la construcción y fuerzas de pretensión.

## 6. CONCLUSIÓN

De los análisis y cálculos previamente descritos, podemos concluir:

- 6.1. La madera tiene un valor estético porque es un material natural y el hombre se siente más cómodo en ese tipo de ambiente. Por esta razón, deberíamos usar construcciones de madera donde sea posible. El objetivo de este trabajo fue mostrar que la construcción puede ser abierta y visible pero, todavía, atractiva visualmente. Por esto, se trata de buscar métodos de reforzamiento donde no se perjudica la integridad visual de madera. Uno de esos métodos es acoplamiento de madera con metal.
- 6.2. Usando diferentes tipos de conexiones y reforzamientos de metal, podemos usar la madera como la construcción principal en gran número de estructuras. Eso depende del tipo de acoplamiento que hemos escogido.
- 6.3. Por mucho tiempo, los arquitectos e ingenieros de construcción han evitado el uso de madera porque existía muchas restricciones con respecto a los lapsos e construcción. Con la aparición de madera laminada encolada (GLULAM), ese problema fue resuelto. Desde ese momento han empezado de buscar maneras de conseguir una mayor resistencia a tensiones.
- 6.4. Uno de esos métodos es la pretensión. Con pretensión conseguimos grandes longitudes de la viga y la resistencia a tensión. Lo bueno de este tipo de reforzamiento es que la madera, todavía, domina como el material en la construcción.
- 6.5. La madera laminada encolada con uso de pretensión se puede aplicar, con éxito, en diferentes tipos de construcciones de techos en arquitectura. Ese tipo de reforzamiento produce unas soluciones más económicas en cuanto al consumo de madera.
- 6.6. La pretensión de vigas de GLULAM ofrece la posibilidad de incrementar la carga de elementos con sencillos procedimientos de corrección de la fuerza de pretensión. Deberíamos pensar en eso cuando diseñamos la construcción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Budevac, D.  
Stipanac, B.  
Zaric, B.: Celicne konstrukcije, Gradevinska knjiga, Zagreb, 1983.
2. Gojkovic, M.: Drvene konstrukcije, Naucna knjiga, Beograd, 1985.
3. Gorjanovic, A.  
Striker, A.: Drvo, Tehnicka enciklopedija, Jugoslovenski leksigrafski zavod, Zagreb, 1969.
4. Kernani, A.  
Porteus, J.: Structural timber design to Eurocode 5, Blackwell Publishing, Oxford, 2007.
5. Kujundzic, V.: Suvremene drvene konstrukcije, Gradevinska knjiga, Beograd, 1989.
6. Leonardo da Vinci  
Pilot Project: Handbook 1 – Timber structures, European Commission, 2008
7. Lesic, L.  
Loncaric, D. H.  
Kebeljic, S.  
Kisin, S.  
Pejovic, R.: Istrazivanje inzinjerskih konstrukcija od lameliranog drveta prednapregnutog u svrhu racionalizacije pri izuzetno velikim opterecenjima i rasponima, IMK, Sarajevo, 1980.
8. Loncaric, D. H.: Tehnologija drveta, Gradevinski fakultet u Sarajevu, Sarajevo, 2000.
9. Megson, T. H. G.: Structural and stress analysis, Butterworth – Heinemann, Gran Bretaña, 2005.
10. Micic, P.: Celicne konstrukcije zgrada, Naucna knjiga, Beograd, 1954.
11. Miljanovic, S.: Primjena spoljasnjeg prednaprezanja lijepljenih lameliranih nosaca, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo, 2003.

12. Miljanovic, S.  
Zlatar, M.: Građevinarstvo – nauka i praksa, Zbornik radova, Građevinski fakultet u Podgorici, Podgorica, 2010.
13. Peulic, D.: Konstruktivni elementi zgrada, II dio, Tehnicka knjiga, Zagreb, 1983.
14. Takac, S.: Novi koncept sigurnosti drvenih konstrukcija, Sveuciliste J.J. Strossmayer u Osijeku, Osijek, 1997.
15. Zakic, B.D.: Uvod u mehaniku drveta, Fakultet tehnickih nauka, Univerzitet Novi Sad, Institut za ispitivanje materijala SR Srbije, Beograd, 1985.
16. Zagar, Z.: Drvene konstrukcije I – Osnove projektiranja drvenih konstrukcija, Pretei, Zagreb, 1999.
17. Zagar, Z.: Drvene konstrukcije II – Modeliranje, Pretei, Zagreb, 1999.
18. Zagar, Z.: Drvene konstrukcije III – Prostornost i uslozenost, Pretei, Zagreb, 1999.
19. Zagar, Z.: Drvene konstrukcije IV – Detalji, spojevi, proracuni, Pretei, Zagreb, 1999.

**ANEXOS:**

**United States Patent** [19]

[11] **Patent Number:** 5,050,366

**Gardner et al.**

[45] **Date of Patent:** Sep. 24, 1991

[54] **REINFORCED LAMINATED TIMBER**

[76] **Inventors:** **Guy P. Gardner**, 14 Nansen Street, Northgate, Queensland 4013, Australia; **Robert D. Eaton**, 16 Emerald Street, Clontarf, Queensland, 4019, Australia

[21] **Appl. No.:** 453,122

[22] **Filed:** Dec. 4, 1989

[30] **Foreign Application Priority Data**

Nov. 11, 1987 [AU] Australia ..... PI5351

[51] **Int. Cl.<sup>5</sup>** ..... E04C 3/30

[52] **U.S. Cl.** ..... 52/730; 52/93; 52/736

[58] **Field of Search** ..... 428/537.1, 107, 106, 428/61; 238/37; 52/821, 690, 227, 93, 223 R, 720, 736, 730.

[56] **References Cited**

**U.S. PATENT DOCUMENTS**

1,084,276	1/1914	Jaminet	52/821
3,166,873	1/1965	Rosenfeld	52/740
3,521,162	5/1966	Strimple	
4,275,537	6/1981	Pinson	
4,615,163	10/1986	Curtis et al.	
4,965,973	10/1990	Engebretsen	52/642

**FOREIGN PATENT DOCUMENTS**

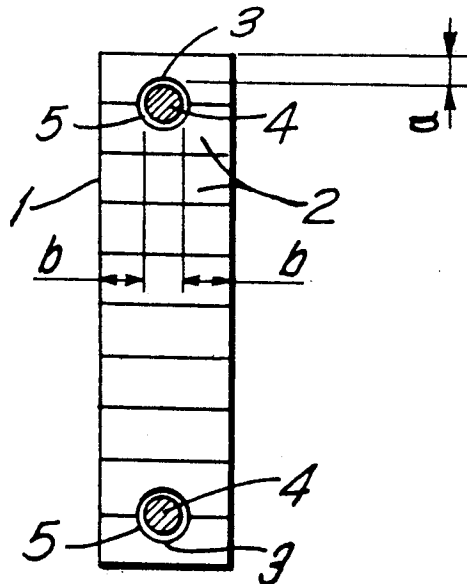
146861	3/1952	Australia	
1392270	4/1970	Australia	
444397	1/1974	Australia	
3343384	8/1987	Australia	
35365	6/1966	Finland	52/726
345754	7/1937	Italy	52/821
670732	7/1961	Italy	52/729
69345	12/1943	Norway	52/821
26010	of 1911	United Kingdom	52/721

*Primary Examiner*—John E. Murtagh  
*Attorney, Agent, or Firm*—Helfgott & Karas

[57] **ABSTRACT**

Composite structural timber which is reinforced with deformed metal bars. The timber comprises a plurality of wooden laminations bonded together by a resin adhesive. There are at least two longitudinally extending metal bars. One bar is located near one longitudinal edge of the timber and the other is located near the other longitudinal edge. The composite structure provides superior load carrying capacity and reduction in deflection under a given load. The main use is as structural timber beams and posts.

**24 Claims, 4 Drawing Sheets**



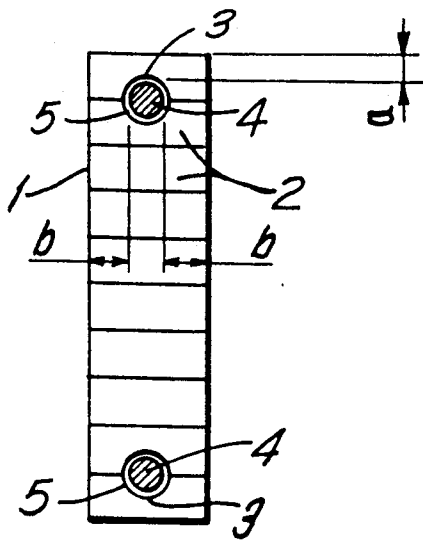


FIG. 1

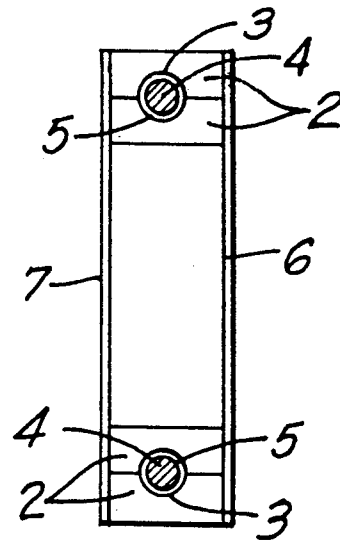


FIG. 2

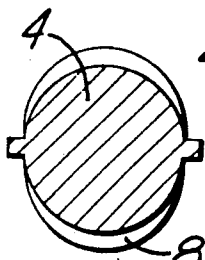


FIG. 4

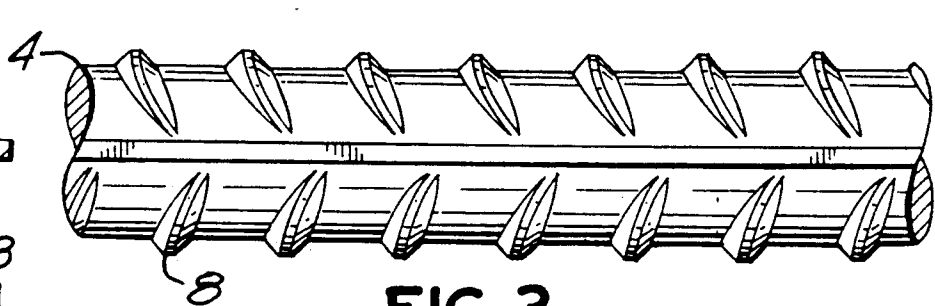


FIG. 3

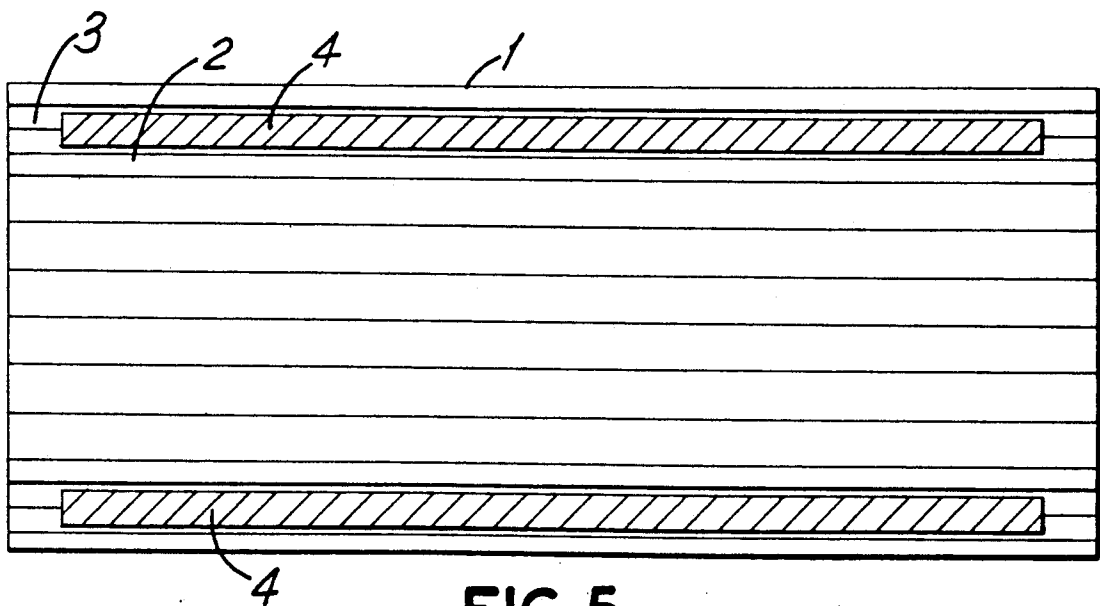


FIG. 5



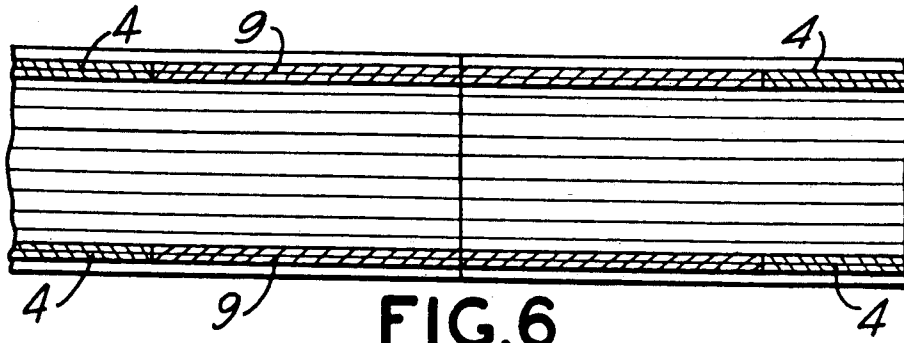


FIG. 6

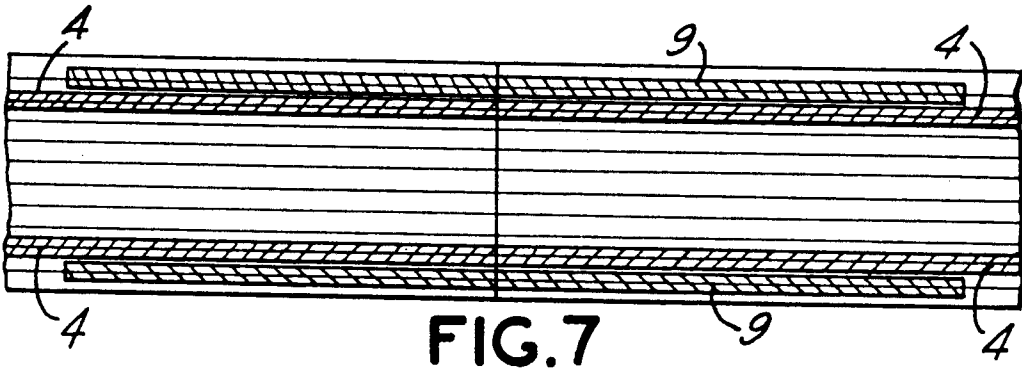


FIG. 7

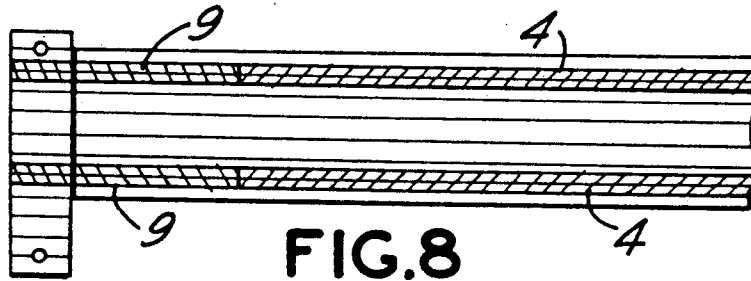


FIG. 8

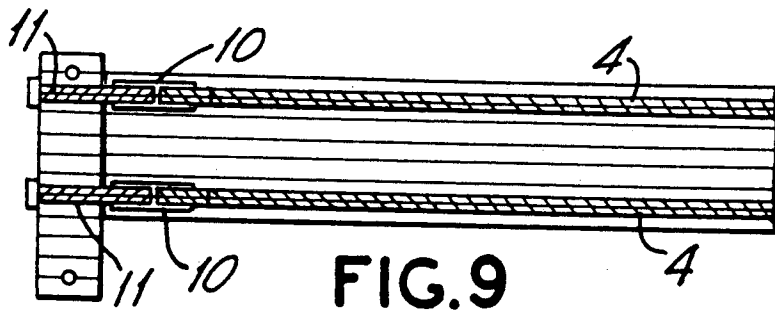


FIG. 9

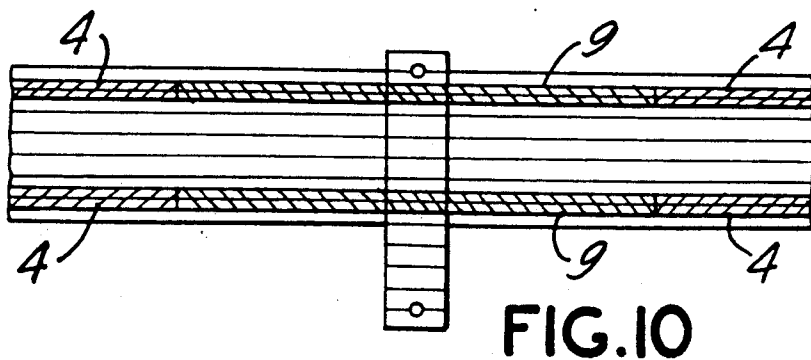


FIG. 10

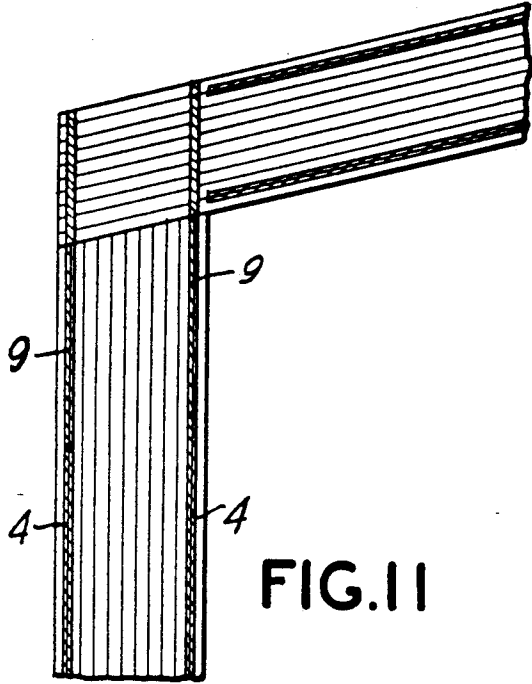


FIG. 11

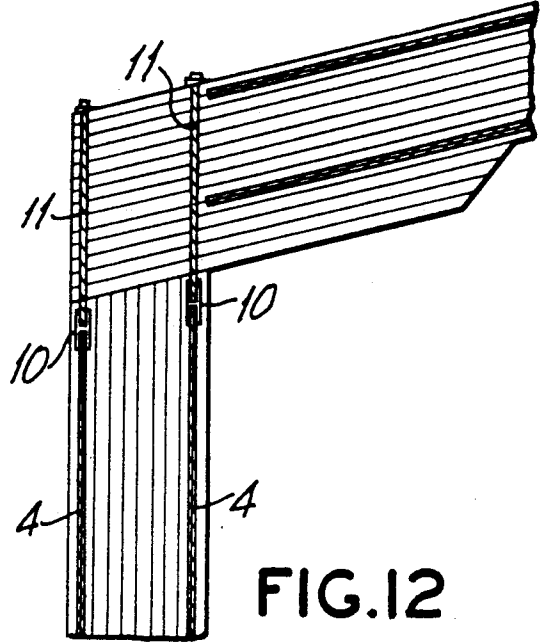


FIG. 12

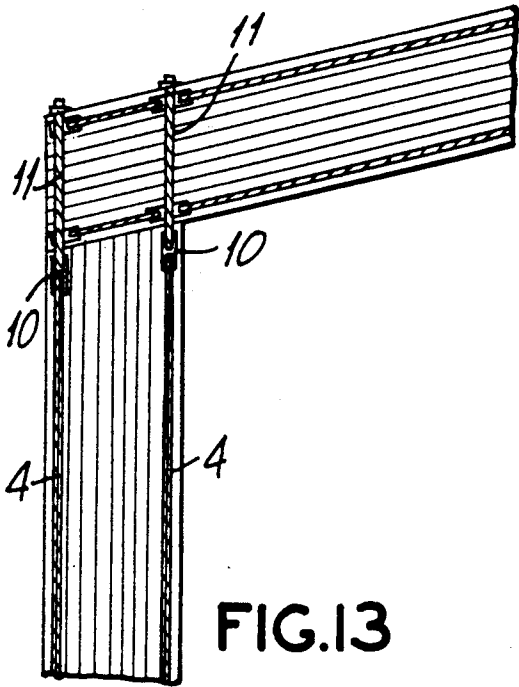


FIG. 13

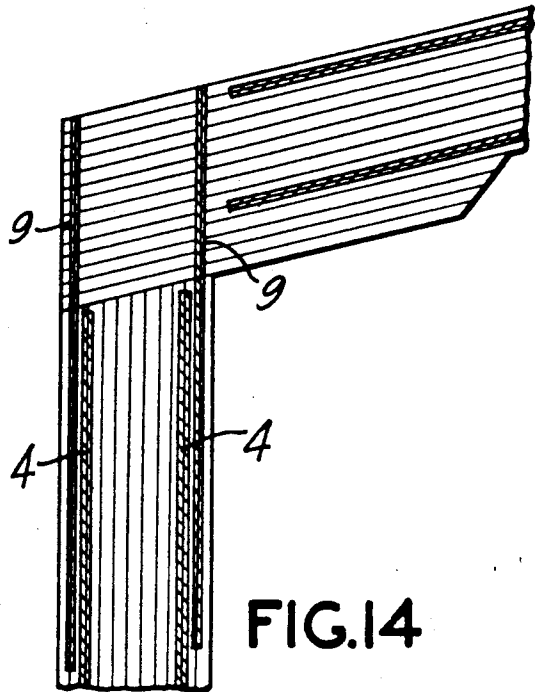


FIG. 14

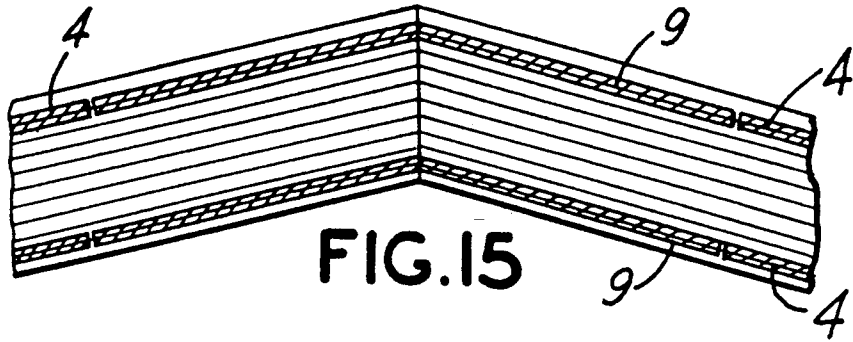


FIG. 15

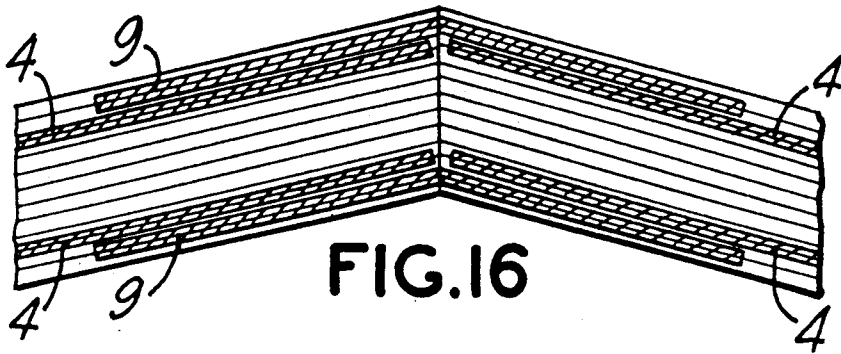


FIG. 16

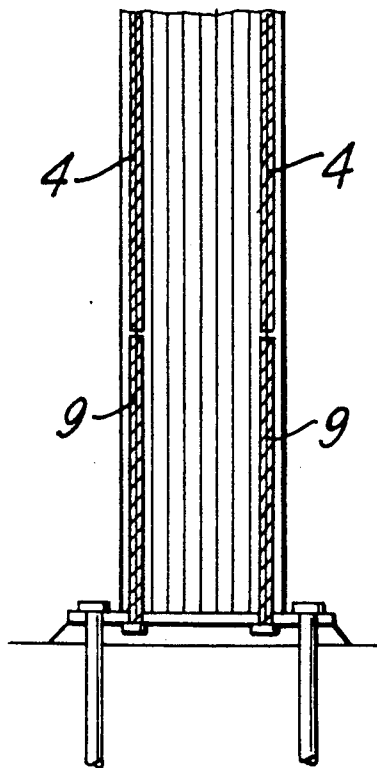


FIG. 17

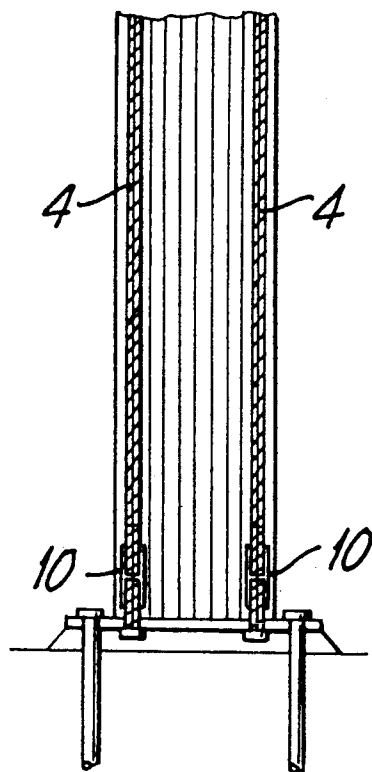


FIG. 18

5,050,366

1

**REINFORCED LAMINATED TIMBER**

This is a continuation of application Ser. No. 271,159, filed Nov. 14, 1988, now abandoned.

This invention relates to composite structural members and is particularly concerned with laminated structural timber having reinforcing elements.

Laminated timber is widely used in residential and light engineering structures in situations where large beam depths are required, such as long span openings in houses. Large section timber is becoming more expensive and more difficult to obtain, and manufacturers have found it necessary to laminate smaller sections together to make the larger section sizes more readily available. Timber, in general, has a pleasing aesthetic effect and therefore in many architectural applications laminated beams are used, and are left exposed. However, bare timber is relatively weak both in strength and stiffness when compared with other building materials such as steel.

Laminating a number of smaller sections of timber together to make a larger member decreases the possibility of inherent weaknesses due to natural wood defects and also decreases the disparity in the strength of structural timber members because laminating effectively averages the varying properties of the timber used. But when joining shorter sections of timber together to make a single lamination, the joints themselves become a point of inherent weakness.

Disparity of strength still exists though, and therefore the structural members must be carefully graded, and any member having an apparent weakness, either due to natural wood defects or at the joints within the individual laminations, must be rejected or downgraded which, of course, decreases their commercial value substantially. Also the load carrying capacity of a timber member will, by the very nature of the material, vary due to such factors as humidity and temperature changes, degree of seasoning, moisture content, and load duration; and making allowances for these variations can downgrade the design loads and deflections of the member compared to a member which is not dependent on these factors.

A further weakness of timber when used as a structural member is the effect of timber relaxation when subjected to long duration loads. Most structural beams in house construction are designed for long duration load and because of timber relaxation, the stiffness of the beam is approximately halved.

Another disadvantage of timber as a structural member is its failure mode. When the ultimate load of the beam is reached, the extreme fibers of timber on the tension face split and then the beam can no longer sustain the applied load. The failure is a catastrophic collapse and therefore undesirable in construction.

Previous attempts to increase the strength and stiffness of structural timber members have been made. In U.S. Pat. No. 3251162 a series of rods or cables pass through a laminated beam and are connected to tensioning plates and bolts at either end. However, the manufacture of products where one or more elements must be held under tension is inherently expensive. It also prohibits cutting the member into smaller lengths.

In Australian Patent Specification No. 33,433/84, steel strips are connected to the outer faces of a timber member to increase the strength and stiffness. However, the external application of the reinforcing sections de-

2

tract from the aesthetic appeal of the members and also cause difficulty in connecting the member. The method of bonding the strips to the timber has the adverse effect of severely damaging the extreme timber fibers which are crucial in transferring load into the strips and in taking load themselves.

U.S. Pat. No. 4,615,163 discloses a wooden beam reinforced with a glass fiber polyester rod. The rod is located within a groove formed on the surface of the beam or in a groove formed on the surface of a bottom lamination between adjacent laminations in a laminated beam. The rod is bound to the timber by a resin based adhesive. The disadvantage of these structures is that the bond between the rod and the timber is not particularly strong and the increase in strength which is obtained is so small as to not be economically viable. Furthermore, in the case of laminated beams, it is more economical to use additional laminations in the construction to gain the same increase in strength and stiffness, rather than use such reinforcements.

It is therefore an object of the present invention to provide a laminated structural timber member which is reinforced in such a way as to obviate or at least minimize the aforementioned disadvantages of known structural timber members.

According to one aspect of the present invention there is provided a laminated structural timber member comprising a plurality of longitudinally extending wooden laminations bonded together by a resin adhesive and reinforced by at least two longitudinally extending deformed metal bars, said deformed metal bars being bonded to one or more of the laminations by said resin adhesive, one at a location between the longitudinal axis of the timber member and a longitudinal edge of the timber member, and the other at a location between the longitudinal axis of the timber member and the other longitudinal edge of the timber member.

The use of metal bars for reinforcement significantly increases the strength characteristics of the laminated timber member and the deformations on the bars ensure that the metal bars are firmly keyed to the adhesive and to the wooden laminations.

The location of the metal bars within the timber member enables maximum load carrying capacity and reduction in deflection under a given load. The importance of the location of the metal bars can be demonstrated by reference to a 315 mm deep by 70 mm wide laminated timber beam of structural grade F22, with a 28 mm diameter high strength steel reinforcing bar placed at the center of the beam. The increase in the strength and stiffness of the beam is only 0.4%. Placing the bar close to the top or bottom of the beam increases the strength of the beam by approximately 23% and the stiffness by approximately 48%. However, placing 28 mm diameter bars both close to the top and bottom of the beam increases the strength and stiffness by a significant 128%. Placing two reinforcing bars at each the top and bottom, one on top of the other, increases the strength and stiffness by 192%. Two smaller bars side by side are only more effective) if the sum of their areas is greater than the 28 mm bar.

The term "deformed" in the expression "deformed metal bar" is intended to indicate a corrugated or rough textured surface, or a spiral type winding as is found on deformed steel reinforcement rods used in concrete reinforced structures.

The deformed metal bar may be fabricated from any metal suitable for the particular application to which

5,050,366

3

the laminated timber member is to be put. Examples of suitable metals include aluminium, iron, steel, and various alloys. The most preferred metal is high strength reinforcement steel.

The deformed metal bar may have any profile or section which enables a keying effect to be produced between it and the resin adhesive. The preferred profile is that found on deformed steel reinforcing rods complying with the Australian Standard, Steel Reinforcing Bars for Concrete, AS1302 grade 410Y.

The maximum section of the deformed metal bar that can be used is dependent upon the shear stresses developed in the adjacent timber at the sides of the deformed metal bar. These shear stresses must comply with Australian Standard, Timber Engineering Code AS1720. Smaller sections still have significant increases in strength and stiffness and may therefore be used for economic or production reasons. The minimum section size that can be used is such that the increase in strength and stiffness is sufficient to economically justify its use. The maximum and minimum sizes of high strength deformed steel reinforcing bars produced are 36 mm diameter and 12 mm diameter respectively and are available in increments of 4 mm.

High strength deformed steel reinforcing bars are a preferred deformed bar because they have a deformation pattern that is used to physically key the bar in place within an adhesive and allows the transfer of load without needing or relying upon adhesive-steel adhesion. To ensure the physical keying of the deformations, the adhesive used should preferably be non-shrinking.

The deformed metal bars will generally extend over the entire length of the timber member for maximum effect. However, this is not essential since some applications may require lesser strength characteristics. It is, nevertheless, generally envisaged that the lower limit of extension will be approximately 10%. The preferred extension will lie within the range of 70% to 100% of the length of the timber member.

Preferably, the deformed metal bar reinforcements are located within planed, routed or milled grooves between laminations, close to the top and bottom longitudinal edges of the timber member.

The resin adhesive will typically be of the type commonly used in the manufacture of laminated beams; that is, one that complies with the Australian Standard, Glue Laminated Structural Timber Code, AS 1328, such as Epiglass Hi Tech HT 9000.

The timber member will generally be a beam, but it could also be a post, rafter, joist or like structural component which are all well known to the skilled addressee.

In a further aspect of the present invention, the aforementioned laminated structural timber member is adapted to enable attachment to other structural members, being either other laminated timber members or concrete or steel members. By "adapted" is meant one of the following: (i) that the deformed metal bar is restricted to such a length that a groove is left in one or both ends of the beam to enable a connecting rod to be inserted therein; (ii) that one or more additional grooves is formed in at least one end of the beam to enable one or more connecting rods to be inserted therein, or (iii) that at least one end of one or more of the reinforcing rods is routed around to enable attachment of the rod or rods to a mechanical coupler.

According to another aspect of the present invention, there is provided a method of making a laminated struc-

4

tural timber member of the aforementioned type, which method comprises the steps of:

- (i) forming a longitudinal groove in one lamination element or two lamination elements which are adapted to be bonded together;
- (ii) applying resin adhesive to the groove of one or both lamination elements;
- (iii) placing a longitudinally extending deformed metal bar in the groove of one lamination element containing resin adhesive;
- (iv) placing the other grooved lamination element, or a different non-grooved lamination element, over the lamination element containing the metal bar, either with or without the addition of further resin adhesive;
- (v) adding further laminations, one or more of which are produced according to steps (i)-(iii) above; and
- (vi) curing the resin adhesive.

The reinforced laminated structural timber member according to the present invention enables the timber member to increase its load carrying capacity and reduce its deflection under a given load, in a very economical manner.

The method of reinforcement overcomes inherent weaknesses resulting from either natural wood defects or joints between timber pieces within a lamination. It enables uniformity and reproducibility of end product. It reduces the effect of timber relaxation while subjected to long duration loads, i.e. to increase the long term stiffness of the timber.

When a deformed metal bar is located close to the top and bottom longitudinal edges of a structural timber element such as a beam, upon the beam reaching its ultimate capacity under an applied load and tensile cracks begin appearing in the timber fibers across the tension face of the beam, the deformed metal bars will themselves not be loaded to their ultimate capacity. This allows cracks, that is, areas of severe distress, to be observed prior to a catastrophic collapse.

Preferred embodiments of the invention will now be described with reference to the accompanying drawings, in which:

FIG. 1 is a sectional end view showing a laminated timber beam and the preferred positions and placement of the deformed reinforcing bars;

FIG. 2 is a sectional end view of a laminated timber box beam and the preferred positions and placement of the deformed reinforcing bars;

FIG. 3 is an enlarged side elevational view of a steel reinforcing rod;

FIG. 4 is a cross-section of the rod depicted in FIG. 3;

FIG. 5 is a sectional side view of a laminated timber beam as shown in FIG. 1;

FIG. 6 is a sectional side view of a beam to beam pin splice using a dowelling technique;

FIG. 7 is a sectional side view of a beam to beam moment splice using an overlap technique;

FIG. 8 is a sectional side view of a secondary beam to main beam pin connection using a dowelling technique;

FIG. 9 is a sectional side view of a secondary beam to main beam moment connection using a mechanical anchoring technique;

FIG. 10 is a sectional view of a continuous secondary beam to main beam pin connection using a dowelling technique;

FIG. 11 is a sectional side view of a beam to column pin connection using a dowelling technique;

5,050,366

5

FIG. 12 is a sectional side view of a beam to column moment connection using a mechanical anchoring technique;

FIG. 13 is a sectional side view of a beam to column moment connection using an overlap technique;

FIG. 14 is a sectional side view of a beam to column moment connection using a mechanical anchoring technique;

FIG. 15 is a sectional side view of a beam ridge pin connection using a dowelling technique;

FIG. 16 is a sectional side view of a beam ridge moment connection using an overlap technique;

FIG. 17 is a sectional side view of a column footing pin connection using a dowelling technique; and

FIG. 18 is a sectional side view of a column footing moment connection using a mechanical anchoring technique.

FIG. 1 illustrates a timber beam comprising a plurality of wooden laminations with a high strength deformed steel reinforcing rod 4 located in the lower and upper longitudinal sections of the beam adjacent to the edges thereof. An enlarged view of this rod is depicted in FIGS. 3 and 4.

The reinforcing rods 4 are located in grooves 3 that are milled, planed or routed in the timber to suit and accept the rods. The grooves are preferably positioned such that the timber thickness covering the reinforcing rod (refer FIG. 1 dimension "a") is approximately equal to the covering thickness to the sides of the beam (refer FIG. 1 dimension "b"). It is preferable that the grooves be as close fitting as possible to the size and shape of the reinforcing rod, and therefore, it is preferable to position the grooves 3 between laminations 2.

The reinforcing rods are fixed into the grooves with a resin-based adhesive 5 that complies with Australian Standards, Glue Laminated Structural Timber Code AS 1328, and therefore bonds to the surrounding timber such that the resulting bond is stronger in shear, tension and bearing than the timber.

Table I summarises the increases in strength and stiffness using various preferred arrangements. The table shows the ranges of increase in strength and stiffness in percent, for beams reinforced with deformed steel reinforcing bars, placed in the outer laminations, as shown in FIG. 1, calculated over a range of beam widths and depths that are commercially available, and for differing timber structural grades.

TABLE I

Steel Reinforcing Bar Diameters (mm)	36	32	28	24	20	16
Range of beam widths (mm)	110-135	90-110	90-70	70-60	60-40	40
Range of beam depths (mm)	155-600	155-600	120-600	120-600	120-315	120-315
TIMBER STRUCTURAL GRADE						
F27	65-135	60-130	60-105	55-100	60-105	60-65
F22	75-155	70-150	70-120	65-115	70-120	65-80
F14	95-200	90-190	85-155	80-145	90-155	85-100
F8	130-280	125-265	120-215	110-200	125-210	120-135

This table clearly demonstrates the substantial increase in strength obtained by reinforcing timber beams according to the present invention.

Referring to FIG. 2, there is illustrated a laminated timber box beam 7, comprising timber laminations 2 along each longitudinal edge, thin plywood webs 6 formed along each face of the beam and deformed steel

6

reinforcing rods 4 located in grooves 3 formed between the timber laminations 2.

Similar increases in strength and stiffness are exhibited by this structure as are exhibited by the structure described with reference to FIG. 1.

In beams reinforced in accordance with the above two embodiments, the reinforcing rods take a far greater proportion of the applied load than the timber in the beams. This means that the load carrying capacity of the member will vary significantly less due to atmospheric and timber property changes, which, of course, do not affect the reinforcing rods. This means that the occurrence of inherent weaknesses and the disparity of timber strength also have a much reduced effect on the member's strength.

FIG. 5 illustrates a laminated beam with reinforcing rods 4 extending approximately 90% of the length of the beam. Otherwise, the construction is substantially the same as illustrated in FIG. 1 and like reference numerals refer to like parts. This depicted arrangement lies within the most preferred range wherein the reinforcing rods extend 90% to 100% of the full length of the beam.

It has been calculated that an increase in the length of the reinforcing rod from 40% to 70% of the length of the beam may increase the stiffness of the beam from approximately 50% to 80%, while the increase in the length from 90% to 100% increases the stiffness by a further 5%. Maximum stiffness is thus obtained from the section extending the full length of the beam, and extensions over 90% are minimal.

FIGS. 6-18 illustrate embodiments according to the further aspect of the invention which relates to attachment of laminated structural timber elements to other structural members. The method of attachment may be achieved in the following preferred ways.

The first method is a dowelling technique, making use of the empty grooves at the end of beams in which the reinforcing bars do not extend the full length of the beam, and inserting portions of reinforcing bars or sections 9, for connecting purposes into these grooves and butting them up against the in situ reinforcing bars or sections 4. The portions are fixed in place by injecting a resin-based adhesive, similar to that used in fixing the reinforcing sections in the beam, until the grooves are fully filled, see FIGS. 6, 8, 10, 11, 15 and 17. In these figures, like reference numerals to those of FIGS. 1-3, refer to like integers in those drawings.

The second preferred jointing method is an overlapping technique made by planing, milling, routing or drilling other grooves adjacent to the grooves in which the reinforcing sections are fixed, and inserting portions of reinforcing bars or sections 9 for connecting purposes, into these grooves. The portions overlap the in situ reinforcing bars or sections 4 sufficiently to transfer loads as dictated by Australian Standards Timber Engi-

neering Code AS1720, and are fixed in place by injecting a resin-based adhesive, similar to that used in fixing the reinforcing sections in the beam, until the grooves are fully filled, see FIGS. 7, 13 and 16.

The third preferred method is a mechanical anchoring technique effected by using high strength steel reinforcing bars 4 and either threading the ends of the bars and using mechanical couplers or using mechanical splices 10; routing the groove around the ends of the bars to accommodate the larger outer diameter of a mechanical coupler or splice; placing the bar complete with the mechanical coupler or splice in the groove; and fixing the bars in place. Bolts or other threaded sections 11 can be screwed into the coupler or splice to make the joint, see FIGS. 9, 12, 14 and 18.

In the preferred method of manufacture, a groove is formed in the timber as the lamination passes through a moulder which dresses the lamination to the required thickness. The resin-based adhesive, in the case of the high strength deformed steel reinforcing bar, is placed in every groove as the lamination is passed through the glue spreader that applies the laminating glue to the dressed surfaces. The reinforcing section is placed in the beam as the beam laminations are assembled in a conventional manner. The structure is then cured to produce the desired reinforced laminated structural member.

Load tests conducted on a number of members constructed in accordance with the invention disclosed herein provide evidence of its value and effectiveness. The beams were tested using a two-point loading configuration, and tested in accordance with Australian Standards, Timber Engineering Code AS1720 as prototype tests and were therefore tested to the required equivalent test loads (ETL). The results of a typical test are tabulated in Table II together with theoretical values of both the unreinforced and reinforced beam. The member, whose results are shown in Table II, is a six meter long beam, 295 mm deep by 85 mm wide, of structural timber grade F8, Young's Modules of 9975 MPa, with 24 mm diameter high strength deformed steel reinforcing bars inserted between the outer top and bottom laminations with the bars' centers 35 mm from the outer faces of the beam. The bars extend the full length of the beam and are fixed in place with a resin-based adhesive, Epiglass Epiglu. The table shows that the theoretical and experimental values are similar, while the unreinforced and reinforced theoretical values highlight the 125% increase in strength and stiffness obtained by reinforcing the beam in the manner described.

TABLE II

DEFLECTION AT MID POINT OF BEAM (mm)			
LOAD (TONNES)	REINFORCED BEAM		UNREINFORCED THEORETICAL
	EXPERIMENTAL	THEORETICAL	
0	0	0	0
0.4	3.04	3.68	8.28
0.8	6.61	7.36	16.57
1.2	10.34	11.03	24.86
1.6	14.11	14.71	33.14
2.0	17.79	18.39	41.43
2.4	21.66	22.07	49.71
2.8	25.49	25.74	58.00
3.2	29.40	29.42	66.28
3.6	33.25	33.10	74.57
4.0	37.16	36.78	82.86
4.4	41.08	40.46	91.14
4.8	45.09	44.14	99.43

TABLE II-continued  
DEFLECTION AT MID POINT OF BEAM (mm)

LOAD (TONNES)	REINFORCED BEAM		UNREINFORCED THEORETICAL
	EXPERIMENTAL	THEORETICAL	
5.2	48.71	47.81	107.71
5.6	52.68	51.49	116.00

A number of beams were subjected to long term loads equal to their design loads to investigate timber relaxation. The results of timber relaxation tests for the beam described above are tabulated in Table III. The results show that there is a significant increase in the long term stiffness of laminated timber when reinforced in accordance with the invention disclosed herein. Whereas in natural timber a factor of 2.0 is applied to account for timber relaxation, the results of the tests on the reinforced laminated timber beams indicate that a factor very close to 1.0 can be used.

A number of beams have also been tested to failure. The tests show that with the application of loads which cause tensile cracks to occur on the tension face of the beams, the beams were still able to carry the applied load, proving that the invention as disclosed herein ensures against catastrophic collapse. The results of the test to failure of the beam described above are tabulated in Table IV, and shows the ability of the beam to carry the load after the splitting of the timber fibers on the tension face.

TABLE III

TIME (HOURS)	DEFLECTION (mm)	INCREASE IN DEFLECTION (mm)
0	25.55	0
25	25.75	0.20
50	25.75	0.20
125	25.75	0.20
325	25.85	0.30
375	25.90	0.35
500	25.90	0.35
550	25.95	0.40
675	25.80	0.25
725	25.80	0.25
900	25.90	0.35

TABLE IV

LOAD (TONNES)	DEFLECTION (mm)	DESCRIPTION/REMARKS
0	0	
.815	9.75	
1.733	18.55	
2.752	27.50	Design Load
3.700	35.90	
4.587	44.00	
5.627	53.35	Prototype ETL
6.575	62.50	
7.492	71.45	Tensile Cracks
8.410	84.75	
9.378	101.10	Ruptured Load
5.060	143.80	Load carrying capacity of ruptured section

Whilst the above has been given by way of illustrative example of the invention, many modifications and variations may be made thereto by persons skilled in the art without departing from the broad scope and ambit of the invention as herein defined in the following claims.

What is claimed is:

1. A laminated structural timber member comprising a plurality of longitudinally extending wooden laminations bonded together by a resin adhesive and reinforced by at least two longitudinally extending solid metal rods, each rod having on an outer surface thereof an integral spiral winding projecting outwardly from said surface, said timber member being formed with grooves receiving said metal rods, said metal rods being each bonded to at least one lamination by said resin adhesive, one of said metal rods being bonded at a location between a longitudinal central axis of the timber member and one longitudinal edge of the timber member but extending within the timber member, and another of said metal rods being bonded at a location between the longitudinal central axis of the timber member and another longitudinal edge of the timber member but extending within the timber member, said spiral winding having a profile which enables a keying effect to be produced between the metal rods, said resin adhesive and said laminations to key the metal rod in place within the adhesive and the timber member without penetrating into the wooden laminations.

2. A laminated structural timber member as claimed in claim 1, and further including additional longitudinally extending solid metal rods each having an integral spiral winding projecting outwardly from the surface thereof, said additional metal rods being contained in grooves formed each in at least one lamination and being bonded to said lamination by said resin adhesive.

3. A laminated structural timber member as claimed in claim 1, wherein said grooves are positioned between adjacent laminations.

4. A laminated structural timber member as claimed in claim 3, wherein said two metal rods are positioned close to two opposite longitudinal edges of said timber member, respectively, and along a central axis thereof.

5. A laminated structural timber member as claimed in claim 1, wherein said metal rods extend from 10% to 100% of the length of the timber member.

6. A laminated structural timber member as claimed in claim 1, wherein said metal rods extend from 70% to 100% of the length of the timber member.

7. A laminated structural timber member as claimed in claim 1, wherein the metal rods are located in the outermost laminations of the timber member.

8. A laminated structural timber member as claimed in claim 1, wherein said metal rods are steel reinforcing rods.

9. A laminated structural timber member as claimed in claim 1, wherein said timber member is a timber beam.

10. A laminated structural timber member as claimed in claim 9, which is adapted to enable attachment to other structural members.

11. A laminated structural timber member as claimed in claim 10, wherein additional grooves are formed in at least one of the beam to enable connecting rods to be inserted therein.

12. A laminated structural timber member as claimed in claim 10, wherein at least one end of at least one of the metal rods is routed around to enable attachment of bars to a mechanical coupler.

13. A laminated structural timber member comprising a plurality of longitudinally extending wooden lamina-

tions bonded together by a resin adhesive and reinforced by two longitudinally extending solid metal rods, each rod having on an outer surface thereof an integral spiral winding projecting outwardly from said surface, said timber member being formed with grooves receiving said metal rods, said metal rods being positioned along a transverse central axis of the timber member and being each bonded to at least one lamination by said resin adhesive, one of said metal rods being bonded at a location between a longitudinal central axis of the timber member and one longitudinal edge of the timber member but extending within the timber member, and another of said metal rods being bonded at a location between the longitudinal central axis of the timber member and another longitudinal edge of the timber member but extending within the timber member, said spiral winding having a profile which enables a keying effect to be produced between the metal rods, said resin adhesive and said laminations to key the metal rod in place within the adhesive and the timber member without penetrating into the wooden laminations.

14. A laminated structural timber member as claimed in claim 13, wherein a distance between each rod and a respective outer surface of the timber member is approximately equal to a distance between each rod and a respective side face of the timber member.

15. A laminated structural timber member as claimed in claim 13, and further including additional longitudinally extending solid metal rods each having an integral spiral winding projecting outwardly from the surface thereof, said additional metal rods being contained in grooves formed each in at least one lamination and being bonded to said lamination by said resin adhesive.

16. A laminated structural timber member as claimed in claim 13, wherein said grooves are positioned between adjacent laminations.

17. A laminated structural timber member as claimed in claim 13, wherein said metal rods extend from 10% to 100% of the length of the timber member.

18. A laminated structural timber member as claimed in claim 13, wherein said metal rods extend from 70% to 100% of the length of the timber member.

19. A laminated structural timber member as claimed in claim 13, wherein the metal rods are located in the outermost laminations of the timber member.

20. A laminated structural timber member as claimed in claim 13, wherein said metal rods are steel reinforcing rods.

21. A laminated structural timber member as claimed in claim 13, wherein said timber member is a timber beam.

22. A laminated structural timber member as claimed in claim 21, which is adapted to enable attachment to other structural members.

23. A laminated structural timber member as claimed in claim 22, wherein additional grooves are formed in at least one end of the beam to enable connecting rods to be inserted therein.

24. A laminated structural timber member as claimed in claim 22, wherein at least one end of at least one of the metal rods is routed around to enable attachment of bars to a mechanical coupler.

\* \* \* \* \*





US005452556A

# United States Patent [19]

[11] **Patent Number:** 5,452,556

Taylor

[45] **Date of Patent:** Sep. 26, 1995

[54] **METAL-WOOD STUD**  
[75] **Inventor:** Jimmie R. Taylor, 11738 Hidden Hills Dr., Jacksonville, Fla. 32225

4,720,957 1/1988 Madray ..... 52/731.7  
5,024,039 6/1981 Karhumäki ..... 52/731.1 X  
5,210,990 5/1993 Kirk, Jr. .... 52/664

### FOREIGN PATENT DOCUMENTS

[73] **Assignees:** Lockwood Homes; Taylor; Jimmy R., both of Jacksonville, Fla.

2052596 1/1981 United Kingdom ..... 52/730.7

*Primary Examiner*—Carl D. Friedman  
*Assistant Examiner*—W. Glenn Edwards  
*Attorney, Agent, or Firm*—Arthur G. Yeager

[21] **Appl. No.:** 202,825

[22] **Filed:** Feb. 28, 1994

[51] **Int. Cl.<sup>6</sup>** ..... E04C 3/292; E04C 3/36

[52] **U.S. Cl.** ..... 52/730.7; 52/731.1; 52/731.8;  
52/731.9; 52/481.1

[58] **Field of Search** ..... 52/731.1, 731.7,  
52/731.8, 731.9, 376, 481.1, 712

### [57] ABSTRACT

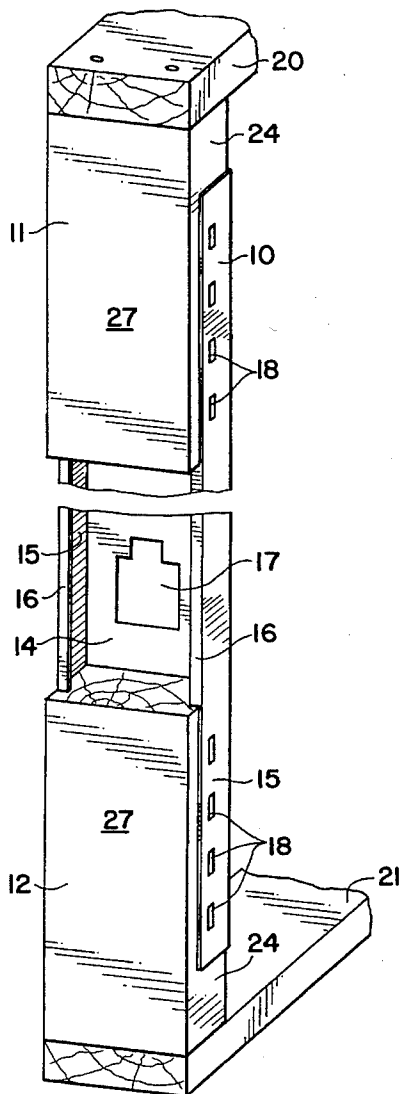
A fabricated combination of an elongated metal channel and at least two short lengths or end portions of a wooden rectangular beam forms a standard length stud having a metal central portion and exposed wooden end portions. Another short wood portion may be disposed medially of the short end portions to further rigidify the stud.

### [56] References Cited

#### U.S. PATENT DOCUMENTS

3,960,637 6/1976 Ostrow ..... 52/730.7 X

19 Claims, 1 Drawing Sheet



U.S. Patent

Sep. 26, 1995

5,452,556

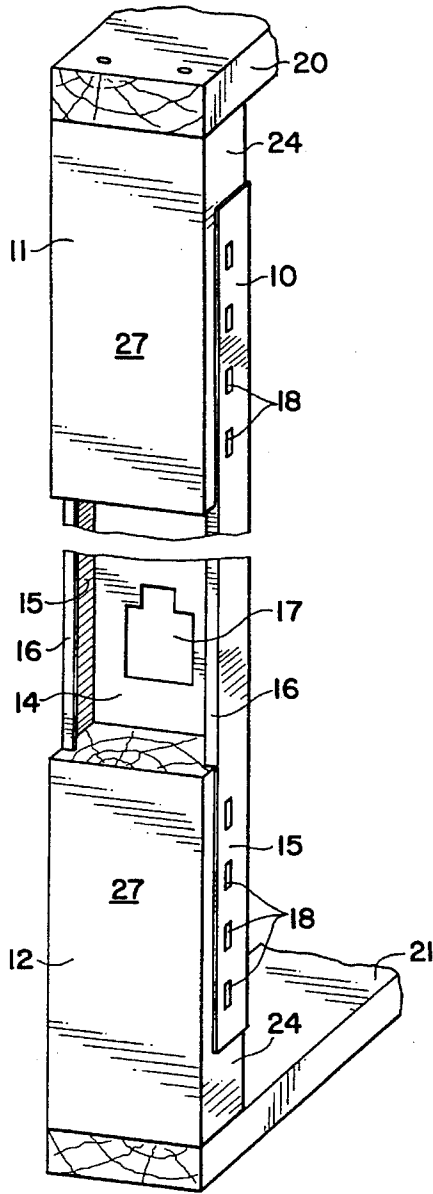


FIG 1

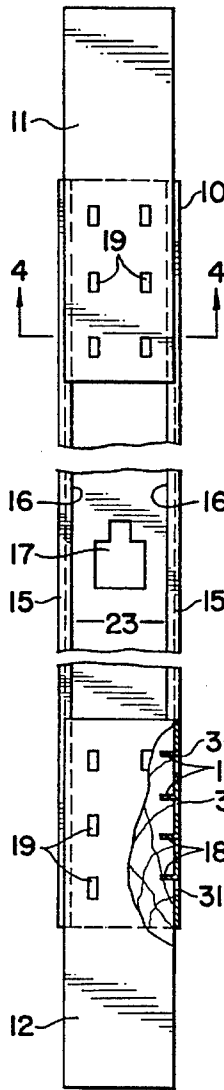


FIG 2

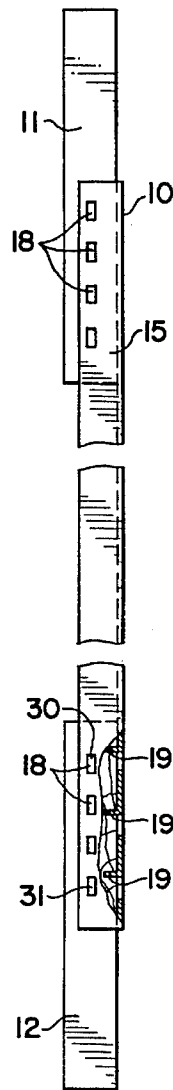


FIG 3

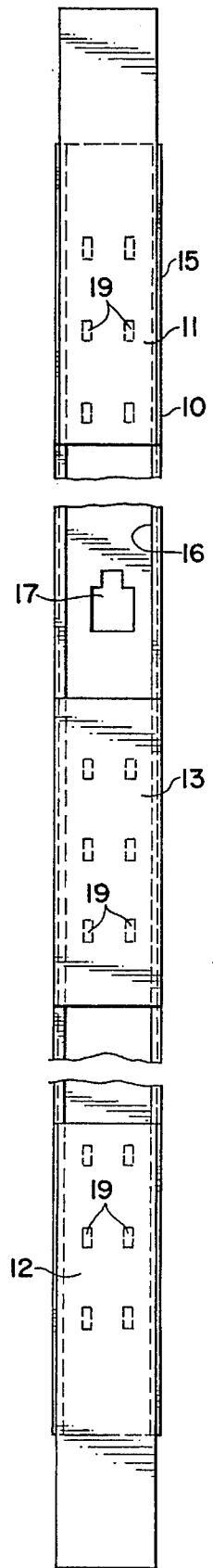


FIG 4

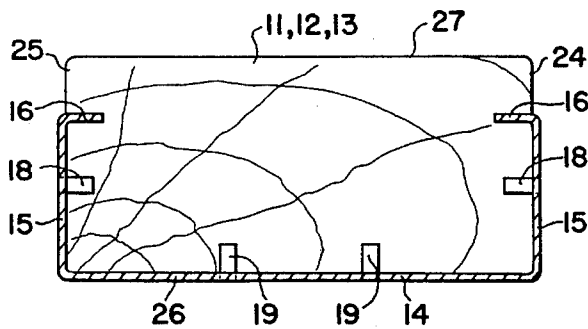


FIG 5

5,452,556

# 1

## METAL-WOOD STUD

### BACKGROUND OF THE INVENTION

This invention relates to substitutes for wooden beams employed in the construction industry, principally in the building of homes, offices, and other places where people live and work.

Walls in buildings are usually made by erecting a framework of a plurality of spaced vertical wooden beams called "studs" joined together into a unit by an upper horizontal wooden beam and a lower horizontal wooden beam (called "plates"). Sheets of wall board are then applied to both sides of the framework to produce finished wall surfaces that may be painted, papered, or the like as desired. It has been recognized that metal beams rather than wooden beams are suitable, and often preferred, e.g., to eliminate the possibility of termite damage. In more recent times, as the cost of wooden beams has increased and the availability of wooden beams has decreased, it has become clear that there is a need for an improved and less costly beam.

Some beams, e.g., those supporting a wall, need not be load-bearing beams, and it is principally these beams to which this invention applies. It is an object of this invention to provide a novel metal-wood beam useful as a wall stud. It is another object of this invention to provide a novel use for short lengths of wooden beams, i.e., those lengths that are frequently discarded as waste. Still other objects will appear from the more detailed description which follows.

### BRIEF SUMMARY OF THE INVENTION

This invention relates to an elongated combination metal-and-wood beam, principally useful as a wall stud in the home construction industry. The combination includes a central elongated metal channel and two short lengths of a wooden beam, e.g., 2x4 pine, to function as the end portions of the beam, rigidly attached to the metal channel. The channel has intumed flanges that are pressed into the short wooden beams and in the channel walls are spaced punched tabs that are directed inwardly into and remain embedded in the beams. The central metal channel preferably includes a cutout portion through which electric wires or plumbing conduits can be extended for connection to appliances.

In preferred embodiments there are two wooden lengths for each combination beam; although in some instances there may be three or four such lengths in each beam. Generally, beams of standard sizes are provided, although special lengths are easily prepared. Beams such as 2x3, 2x4, 2x6, 2x8 in 8-12 foot lengths are provided by this invention. Usually the metal channel is steel, but other metals may be employed as desired.

### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The novel features believed to be characteristic of this invention are set forth with particularity in the appended claims. The invention itself, however, both as to its organization and method of operation, together with further objects and advantages thereof, may best be understood by reference to the following description taken in connection with the accompanying drawings in which:

FIG. 1 is a perspective view of the combination beam of this invention as a part of a wall structure;

FIG. 2 is a front elevational view of the beam of this invention;

2

FIG. 3 is a side elevational view of the beam of this invention;

FIG. 4 is a cross-sectional view taken at 4-4 of FIG. 2; and

FIG. 5 is a front elevational view of another embodiment of this invention.

### DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

The features and advantages of this invention are best understood and appreciated by consideration of the attached drawings in connection with the following description.

FIG. 1 shows a principal use for the combination beam of this invention; namely, as a stud in a wall structure having an upper plate 20 and a floor or toe plate 21 with a plurality of vertical studs spaced apart at intervals of about sixteen inches. Each stud preferably is the combination beam shown in detail in FIGS. 2-5.

Each combination beam includes a central, elongated metal channel 10, 6-11 feet in length terminated at each end, respectively, by short lengths or end portions 11 and 12 (10-24 inches) of wooden beams. Each end section 11 and 12 fits closely within the recess 23 of channel 10. Channel 10 has a bottom wall 14 and two parallel side walls 15 substantially perpendicular to bottom wall 14. To provide the necessary rigidity for the beam, channel 10 is firmly affixed to wooden beams 11 and 12 in at least two ways; firstly, by the pressing of flanges 16 at the upper end of side walls 15 into the sides 24 and 25 of wooden end portions 11 and 12; and secondly by punching tabs 18 into wooden beams 11 and 12 which remain embedded in the wood.

Side walls 15 of metal channels 10 are formed with a narrow, intumed flange at the upper end of each side wall 15. The short length of wooden beam 11 and/or 12 is then placed in the recess channel 10 between walls 15 after flexing same outwardly with the rear wall 26 resting on channel bottom wall 14. Pressure is then applied, as from a vise or a press to cause each side wall 15 to be pressed against opposite sides 24, 25, respectively, of the wooden beams 11, 12, causing flanges 16 to be pressed into the wood and to become embedded therein with the wooden beam front face 27 being exposed outwardly of the channel 10.

Spaced apart on side walls 15, and if desired, on bottom wall 14 are preferably rectangular punchouts or tabs with three adjacent sides being cut and a fourth side remaining as part of the side walls 15 of channel 10. Upon the application of sufficient cutting die force perpendicular to the sides 15 the tabs will be punched inwardly from the surrounding metal of the channel and the fourth side will fold. This produces a rectangular tab 18 embedded in each of the wooden beams 11 and 12 functioning much like a nail. These tabs 18 may be located on the side walls 15 or as tabs 19 on bottom wall 14, or both. Tabs 18 may be punched inwardly by use of a hammer and a punch, but preferably are punched inwardly by a press operation simultaneously with the pressing of lips 16 into the wooden beams as clearly set forth above. For a 2x3, 2x4, 2x6, or 2x8 beam, tabs 18 are preferably about 1/4 inch x 1/2 inch in size with one of the smaller sides remaining with the metal side walls 15 and when punched, tabs 18 are embedded about 1/2 inch into the wood. Although the preferred shape of tabs 18 and tabs 19 is rectangular, they may alternatively be triangular, semi-elliptical, trapezoidal, or other simple shapes without departing from this invention.

It has been found to be preferable that when, for example,

5,452,556

3

four tabs **18** are punched in each side wall, two of the tabs **18** should remain connected to the metal side wall at spaced longitudinal locations than the other two tabs **18**, i.e., see the connection lines **30** and **31** in FIGS. **2** and **3**. This arrangement provides a secure hold against compressive and tensile forces exerted on the wooden beam portions **11** and **12** and permits handling, transporting and use of the combination metal and wood beam as a common wood stud, primarily in non-load bearing walls.

The central portion of channel **10** includes an indefinite length which is not filled with a wooden beam and which includes a conventional cutout area **17** through which electric wires, water pipes and other conduits may be disposed so as to hide these from view. Cutout area **17** may be of any desired shape, and should be approximately the same distance from the ends of other metal studs so as to leave room for a substantially horizontal run of wiring or conduit through the wall.

FIG. **5** shows another embodiment differing from that of FIGS. **1-4** in that it employs three short lengths or portions of wooden beams, **11**, **12**, and **13**. The inclusion of the third portion of wooden beam **13** is generally not of any special importance other than to provide a central length of wooden beam into which nails or screws can be put in order to assist in hanging wall board or other special wall coverings or fittings for appliances. The inclusion of a third beam member **13** may also increase the stiffness of the combination beam in which it is included.

One of the advantages of the present invention is to provide a use for scrap lumber which accumulates at every building site as carpenters trim lumber to fit a particular use at the building, or at lumber yards where trusses and the like are fabricated.

Of course, for economical reasons, primarily, the gauge of the metal channel should be as light as reasonably permitted, for example, 24-26 gauge, particularly for a non-load bearing stud. In the event a load bearing stud is found desirable, it is possible to employ the FIG. **5** construction perhaps with another metal channel without flanges **16**, and the bottom of the channel would be against front wall **27** of the beam **11** and the side walls would contain the punched out tabs like **18** but going through both thicknesses of metal side walls.

While the invention has been described with respect to certain specific embodiments, it will be appreciated that many modifications and changes may be made by those skilled in the art without departing from the spirit of the invention. It is intended, therefore, by the appended claims to cover all such modifications and changes as fall within the true spirit and scope of the invention.

What is claimed and what it is desired to secure by Letters Patent of the United States is:

**1.** An elongated pre-fabricated construction beam of rectangular cross-section comprising an elongated substantially U-shaped steel channel beam having opposite end portions and a bottom wall and a pair of spaced outer side walls extending upwardly therefrom, a pair of short rectangular spaced wooden end beams each having upper and lower walls and opposed vertical walls, said wooden end beams being located in said channel beam to dispose said lower wall contiguous with said bottom wall and to dispose said vertical walls contiguous with respective said side walls, said wooden end beams substantially filling said U-shaped steel channel beam adjacent its opposite end portions and extending longitudinally outward therefrom, and means for rigidly connecting each said wooden end beam to said channel beam.

4

**2.** The beam of claim **1** wherein said means for connecting includes a plurality of spaced tabs struck from said side walls inwardly to become embedded in said wooden end beams.

**3.** The beam of claim **2** wherein said tabs on each said side wall are struck in different directions toward respective said wooden end beams to rigidly affix said wooden end beams to said channel beam to inhibit compressive and tensile movement therebetween during handling thereof.

**4.** The beam of claim **2** wherein each said tab extends substantially perpendicular to respective said side walls.

**5.** The beam of claim **1** further including another short wooden beam located spacedly between said pair of spaced short wooden beams and being connected to said channel by said means for connecting.

**6.** The beam of claim **5** wherein said means for connecting includes a plurality of spaced tabs struck from said side walls of said channel inwardly to become embedded in said wooden end beams and said another short wooden beam.

**7.** The beam of claim **6** wherein each said tab extends substantially perpendicular to respective said side walls.

**8.** The beam of claim **7** further including another plurality of spaced tabs located along said channel bottom wall and embedded in respective said wooden beam.

**9.** A combination elongated metal-and-wood beam comprising an elongated substantially U-shaped metal channel having opposite ends and having a bottom wall and a pair of spaced outer side walls extending upwardly therefrom and having an inwardly facing flange at each upper edge of each said outer side wall, a pair of spaced short wooden beams of rectangular cross-section located at each of said ends of said channel, said channel ends overlapping a portion of each said wooden beam in a longitudinal direction with said wooden beams extending longitudinally outwardly therefrom and fitting closely around three sides of each said wooden beam, each of said beams having a rear wall and a pair of side walls extending from said rear wall, each said flange being pressed and penetrating into respective said walls of each said beam, each said channel side wall having a plurality of lengthwise spaced tabs extending generally perpendicular to said channel side wall and penetrating into each of said side walls of each of said beams.

**10.** The combination beam of claim **9** further including a cutout portion in said channel bottom wall in a generally central location free of any contiguous wooden beam.

**11.** The combination beam of claim **9** further including another wooden beam located spacedly between said pair of spaced short wooden beams and being substantially connected to and in said channel by said flanges and additional tabs.

**12.** The combination beam of claim **9** further including another plurality of spaced tabs located along said channel bottom wall and embedded in respective said wooden beam.

**13.** A combination steel-and-wood wall stud comprising an elongated steel rectangular channel and at least two short lengths of rectangular wooden beams fitting closely within and affixed rigidly to said channel and extending longitudinally beyond respective ends of said channel, said channel having in cross-section a bottom wall, a pair of spaced outer side walls extending perpendicular to said bottom wall and an inwardly turned flange at respective upper edges of side walls, said flanges being pressed into and embedded in a respective said wooden beam along its sides, said side walls having spaced tabs struck from and integral therewith and embedded inwardly into said sides of said wooden beam in contact with said side walls of said channel.

**14.** The beam of claim **1** wherein said upper wall of each

5,452,556

5

said end beams extends outwardly from the upper edges of said side walls of said channel beam.

15. The beam of claim 14 wherein said upper edges of said side walls include inturned flanges which are embedded into respective vertical walls of each said end beam.

16. The beam of claim 9 wherein each said tab extends substantially perpendicular to respective said side walls.

17. The beam of claim 9 wherein said tabs on each said side wall are struck in different directions toward respective said wooden end beams to rigidly affix said wooden end beams to said channel beam to inhibit compressive and

6

tensile movement therebetween during handling thereof.

18. The beam of claim 13 wherein each said tab extends substantially perpendicular to respective said side walls.

19. The beam of claim 13 wherein said tabs on each said side wall are struck in different directions toward respective said wooden end beams to rigidly affix said wooden end beams to said channel beam to inhibit compressive and tensile movement therebetween during handling thereof.

\* \* \* \* \*

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication**  
**Bailey**

(10) **Pub. No.: US 2003/0145537 A1**

(43) **Pub. Date: Aug. 7, 2003**

(54) **METAL BUILDING STUD AND BRICK TIE FOR A HYBRID METAL AND TIMBER FRAMED BUILDING SYSTEM**

**Publication Classification**

(51) **Int. Cl.<sup>7</sup> ..... E06B 1/04; E04H 3/00; E04H 5/00; E04H 14/00**

(76) **Inventor: Geoff Bailey, Nundah (AU)**

(52) **U.S. Cl. .... 52/210; 52/238.1; 52/481.1; 52/733.2**

Correspondence Address:

**Stephen B. Pokotilow**  
**Stroock & Stroock & Lavan LLP**  
**180 Maiden Lane**  
**New York, NY 10038 (US)**

(57) **ABSTRACT**

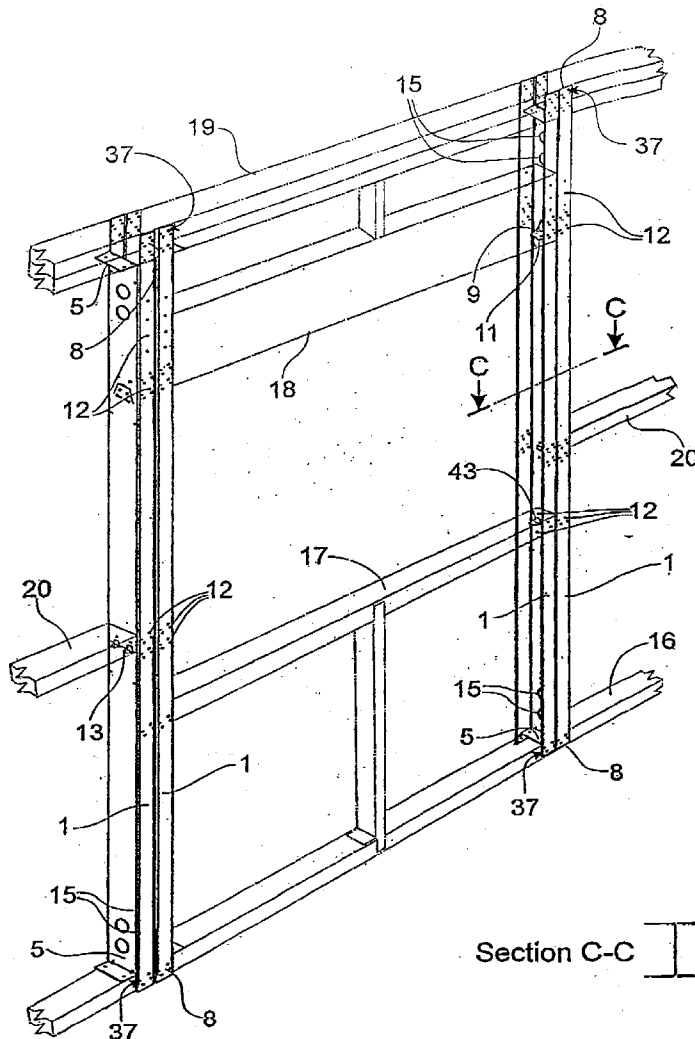
A hybrid building system using metal studs and brick ties in a timber framed building. The metal stud comprises an elongated metal section including two flanges joined by a web. The elongated metal section may be a C-section or a Z-section. The metal stud comprises foldable tabs at the top and bottom of the stud, a plurality of fastener holes along its length, service apertures along its length, brick tie fixing holes, a plurality of foldable lining spikes along its length and a wall lining sheet support tab at the lower end of said stud. The primary advantage of the invention is that there is an opportunity to utilize the desirable qualities of a steel stud with timber frames, which are more widely used, to create an improved building frame system.

(21) **Appl. No.: 10/358,788**

(22) **Filed: Feb. 4, 2003**

(30) **Foreign Application Priority Data**

Feb. 5, 2002 (AU)..... PS0317  
Feb. 5, 2002 (AU)..... PS0318  
Jun. 27, 2002 (AU)..... PS3220





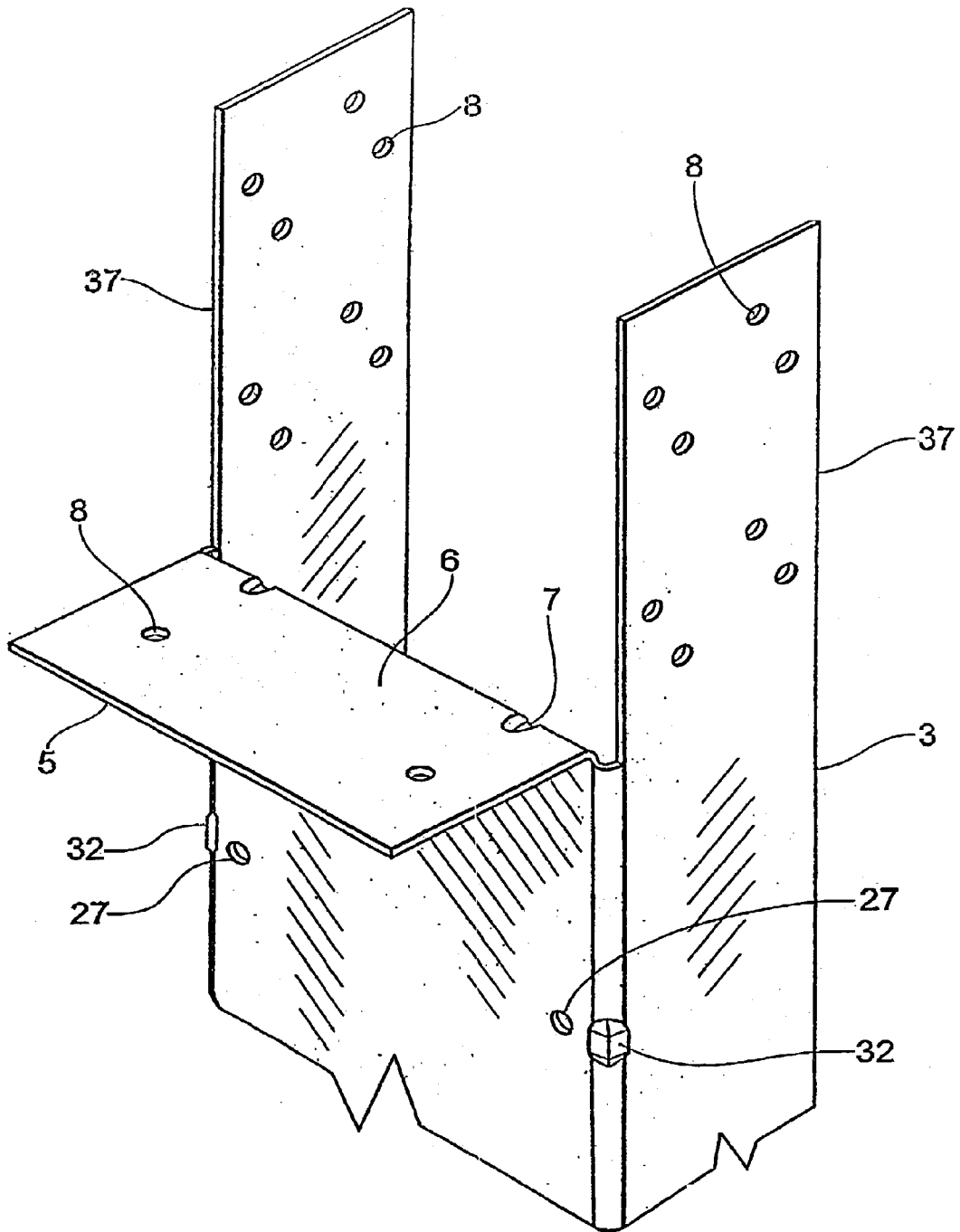


FIG. 3



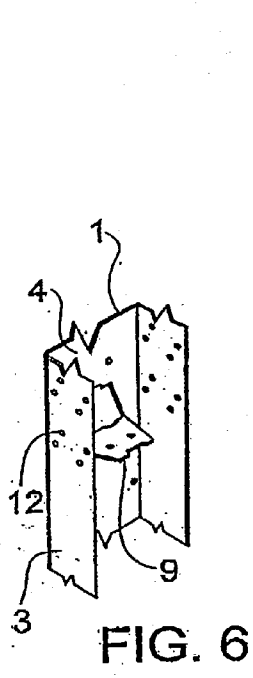


FIG. 6

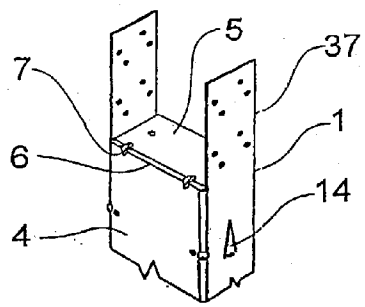


FIG. 4

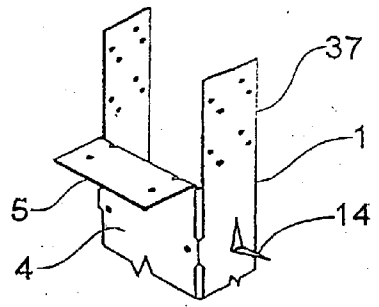


FIG. 5

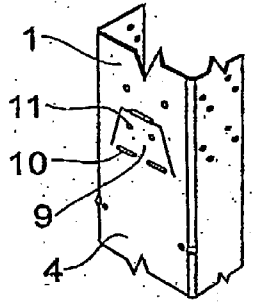


FIG. 7

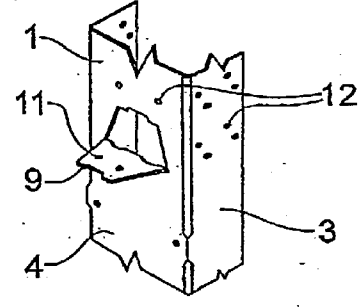


FIG. 8

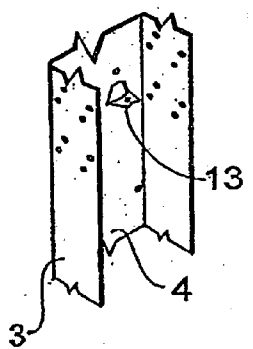


FIG. 9

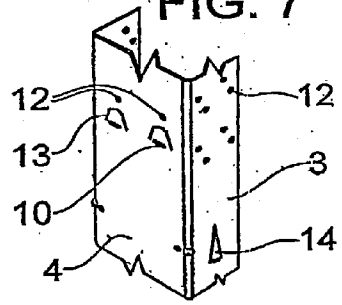


FIG. 10

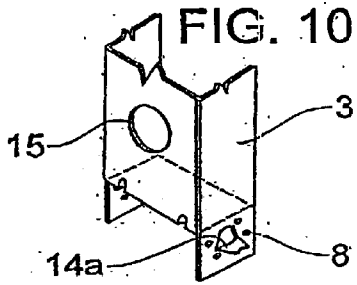
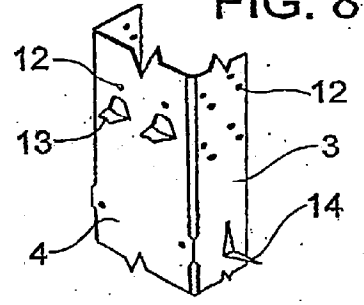


FIG. 12

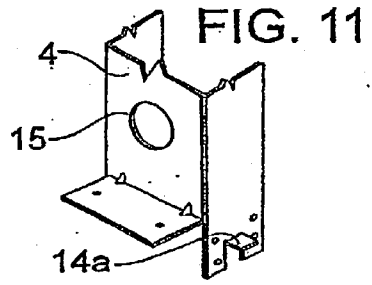


FIG. 13

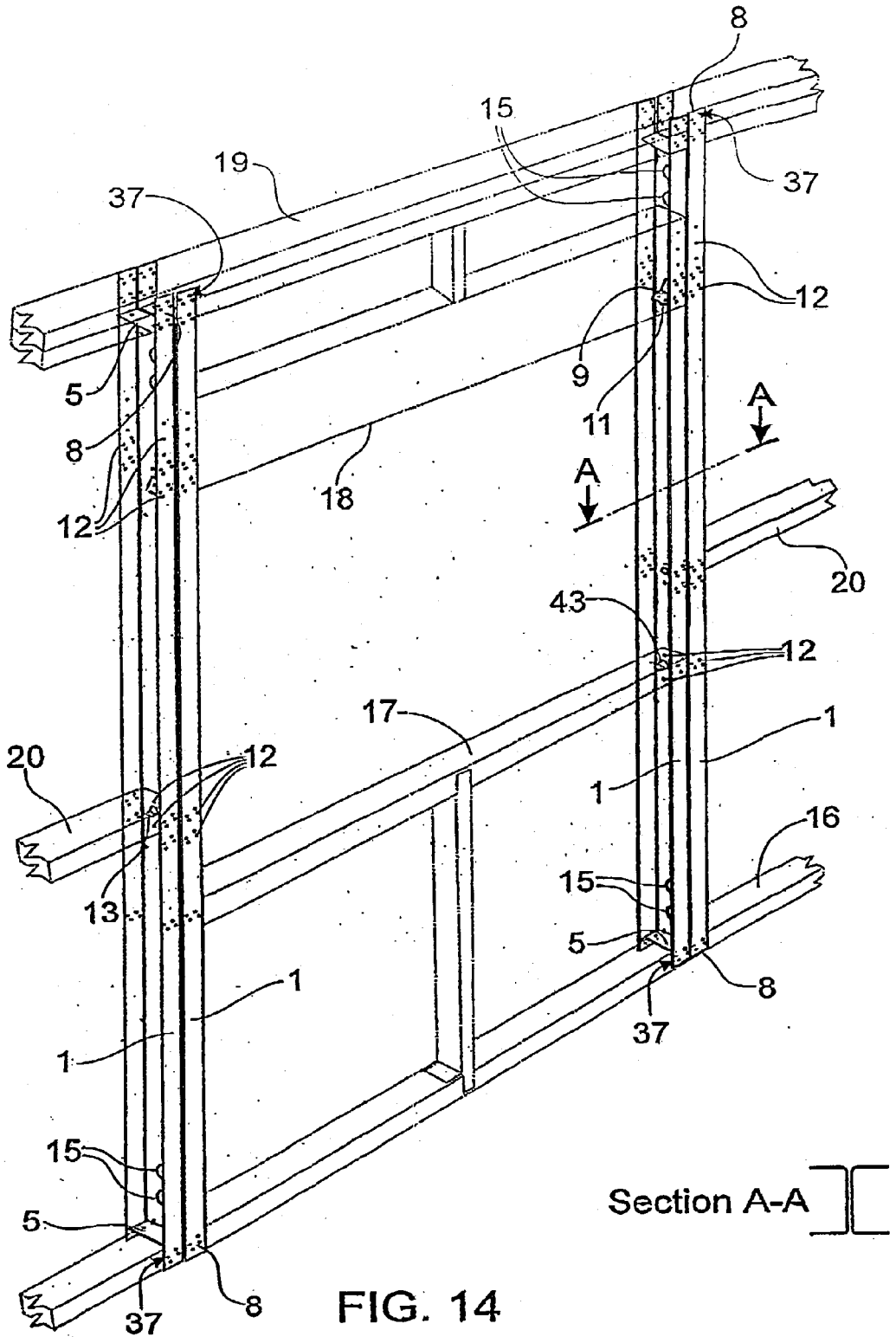


FIG. 14

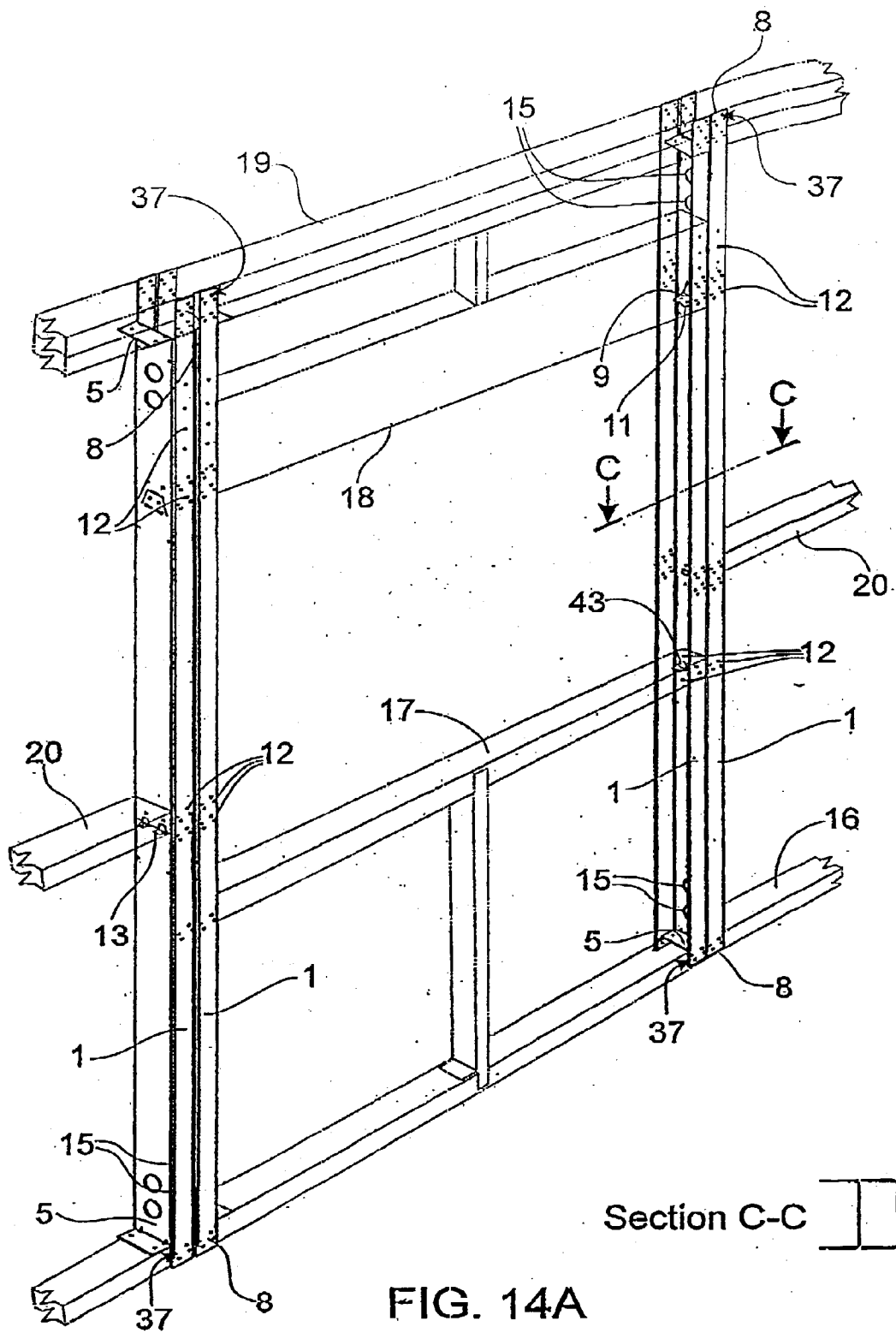
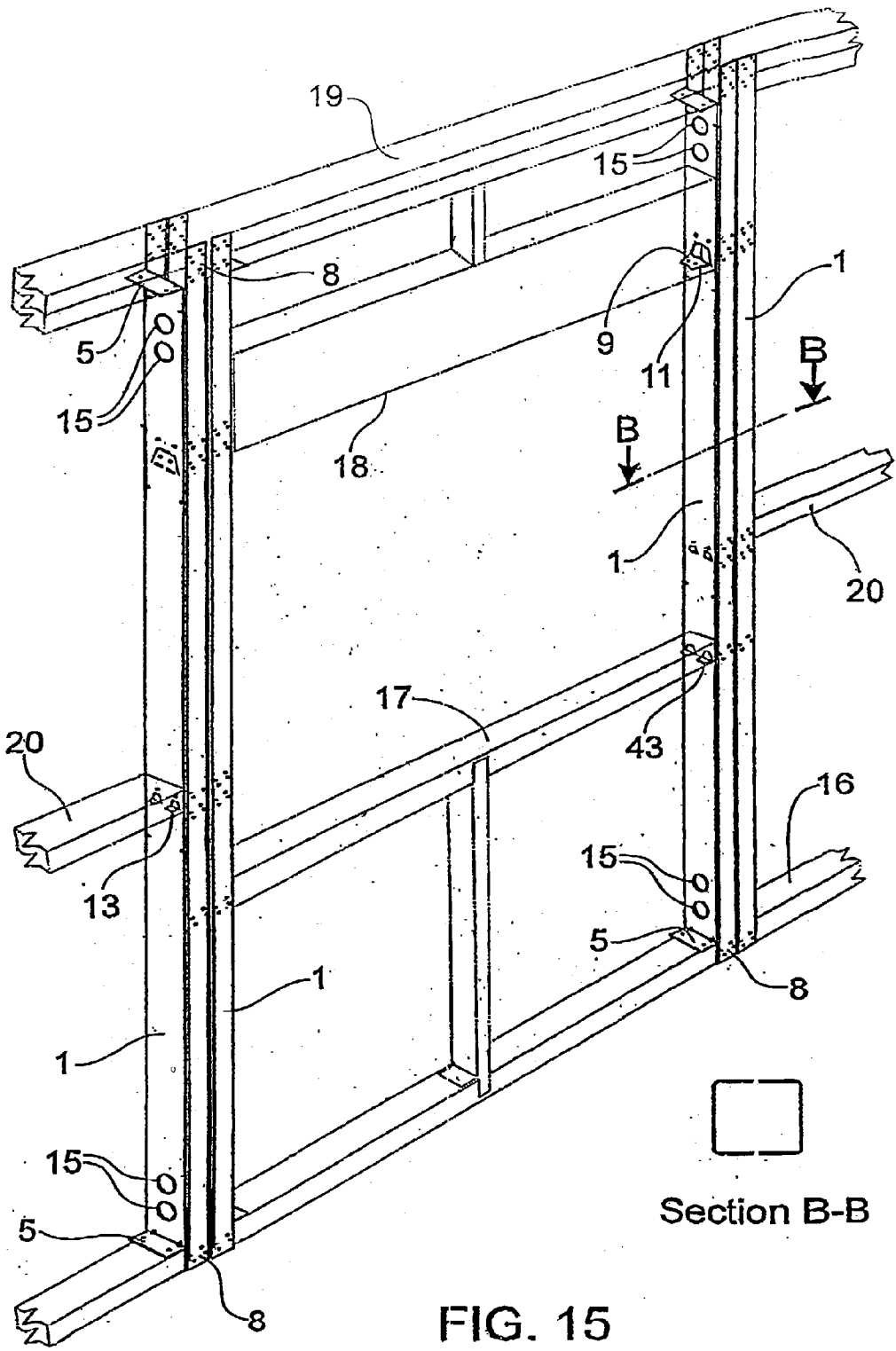


FIG. 14A



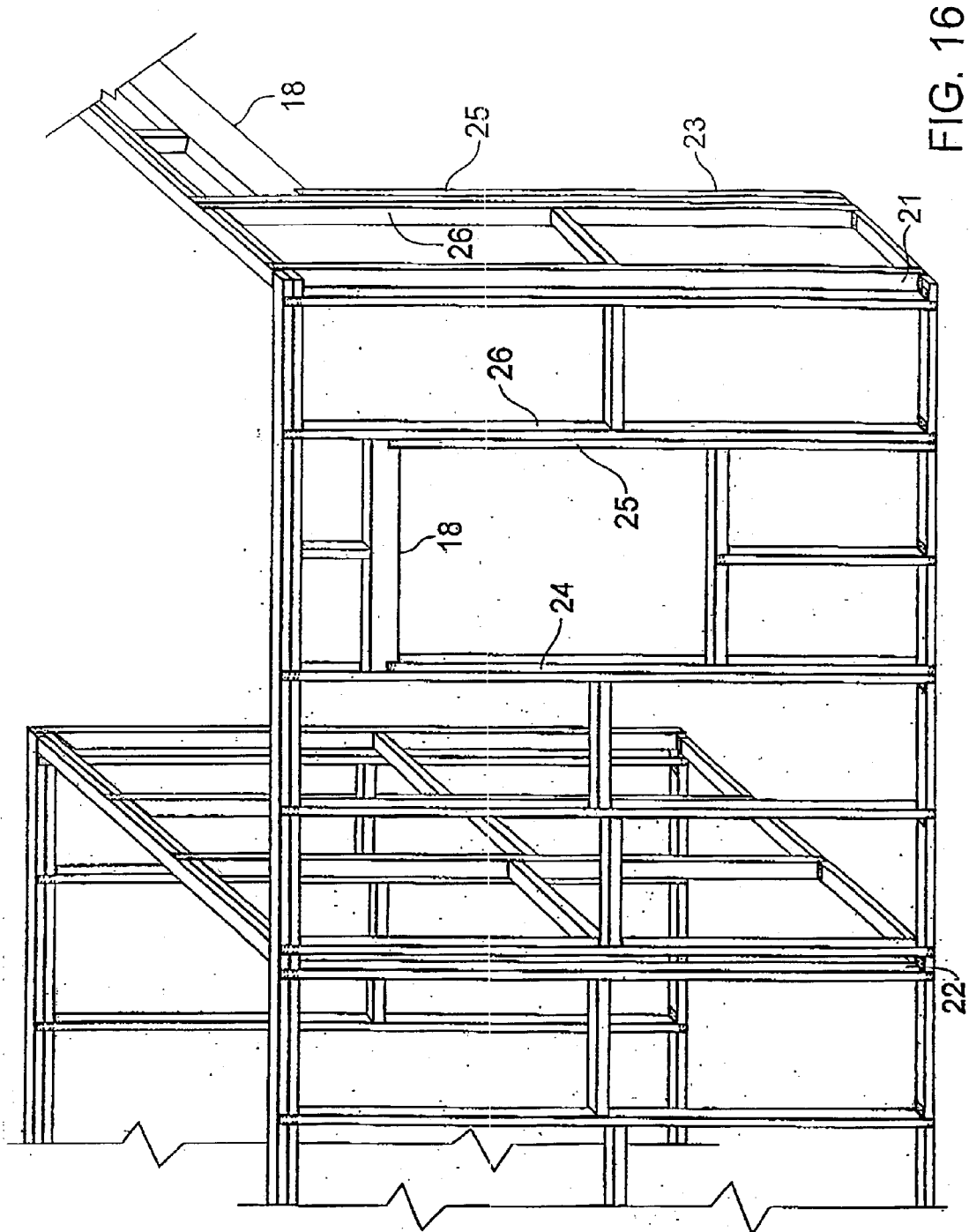


FIG. 16

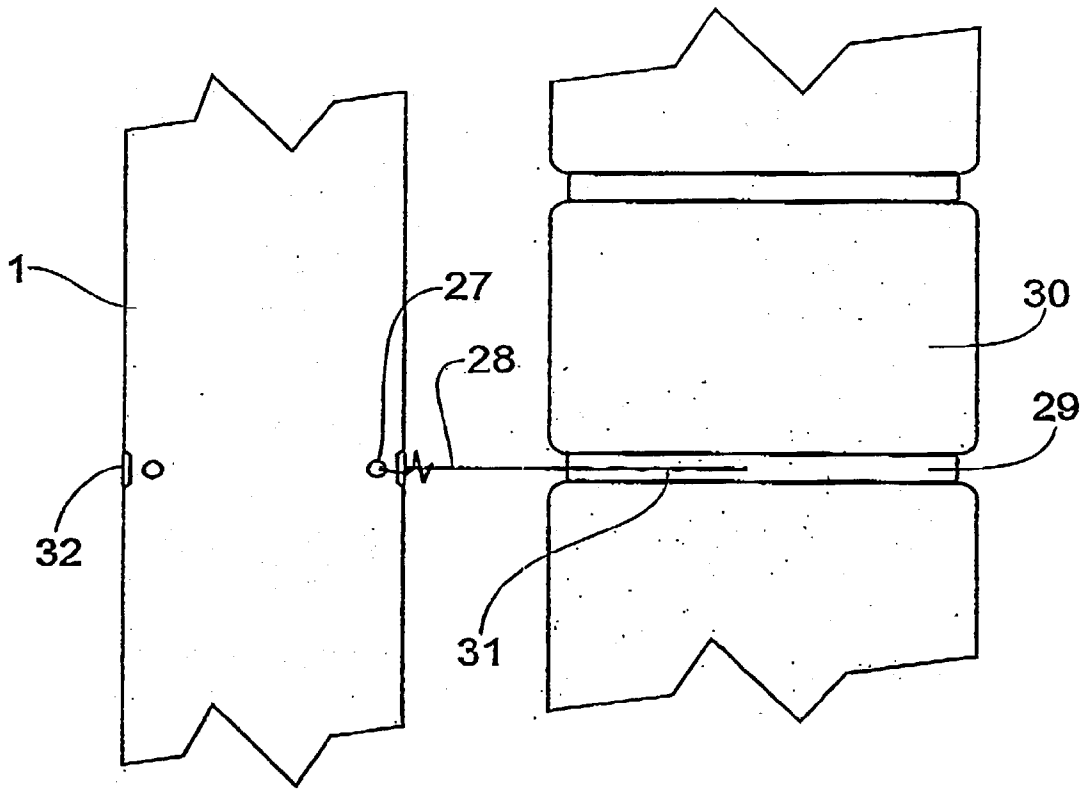
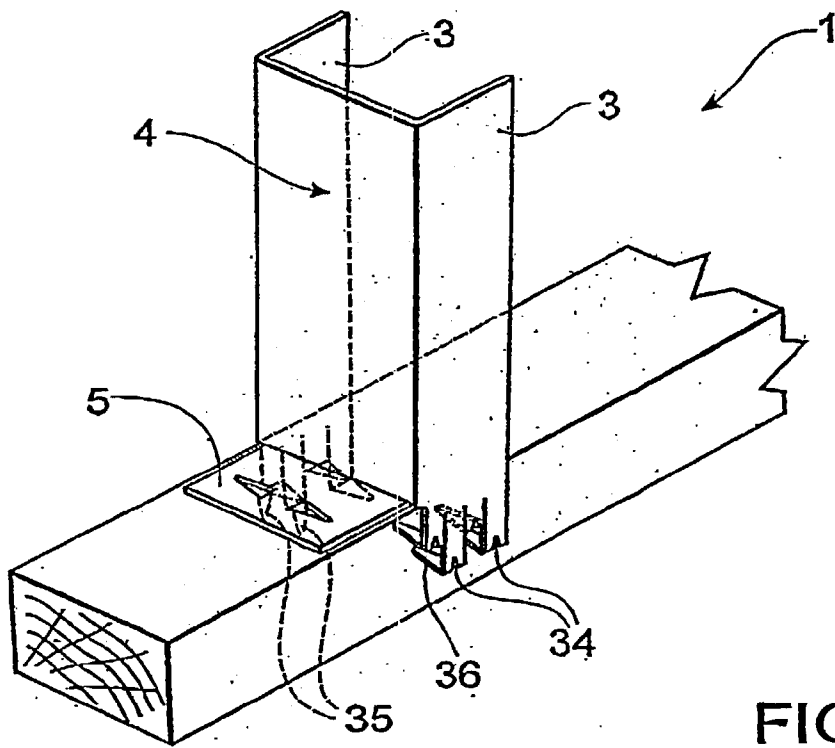
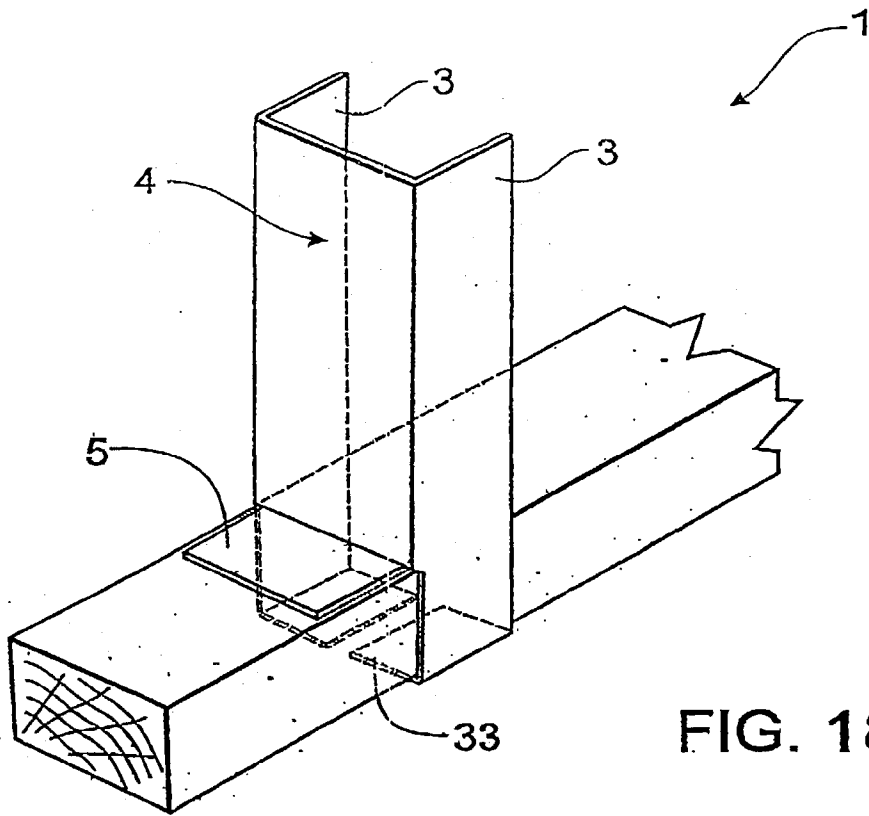
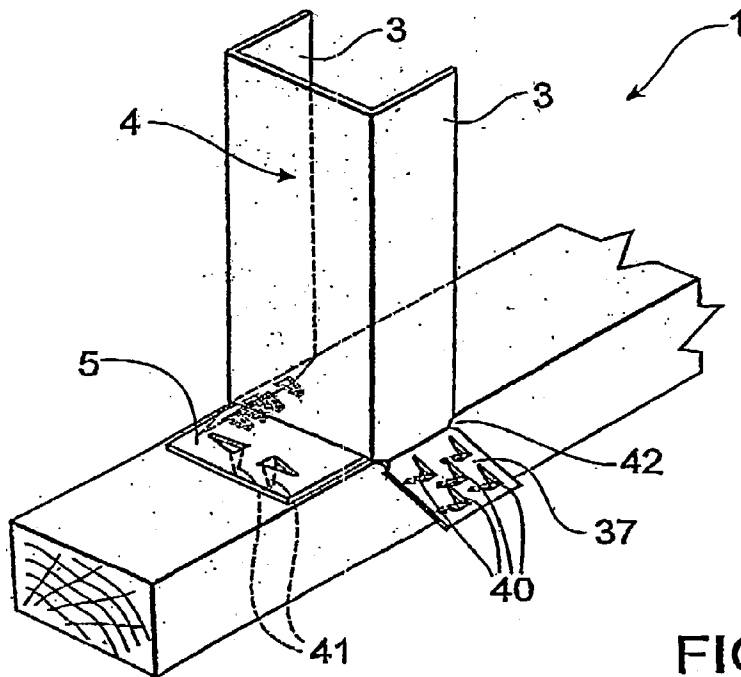
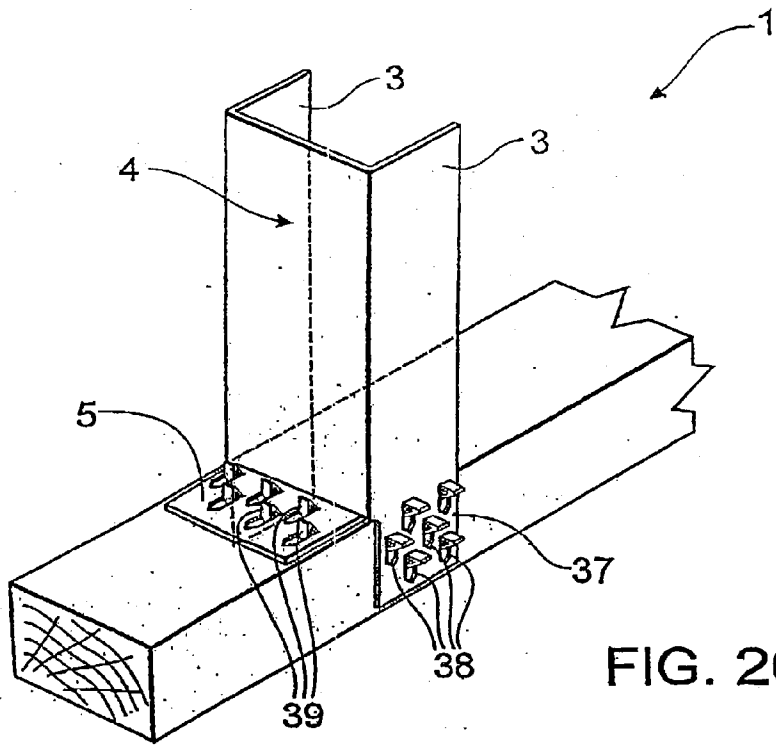


FIG. 17







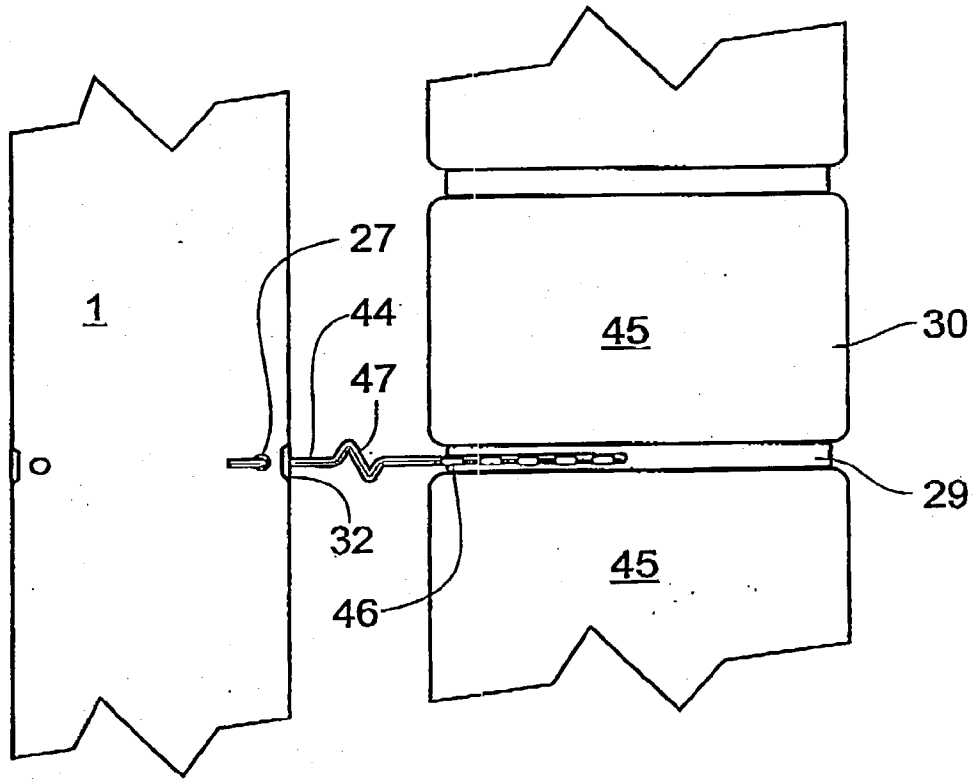


FIG. 22

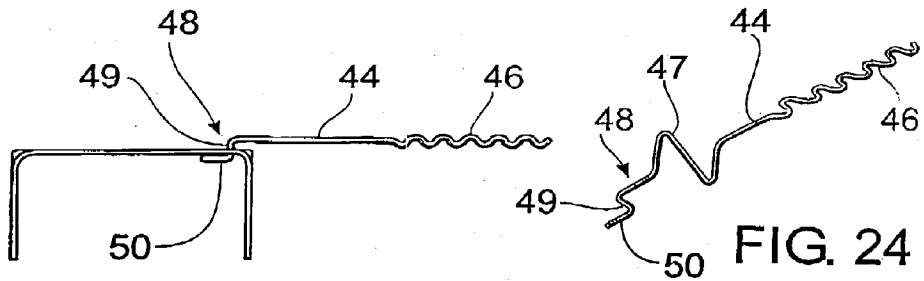


FIG. 23

FIG. 24

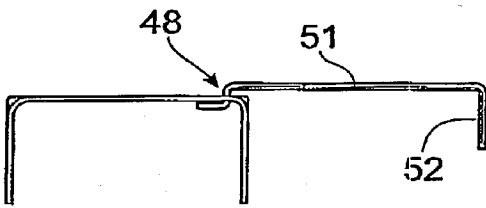


FIG. 25

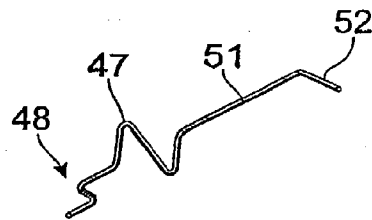


FIG. 26

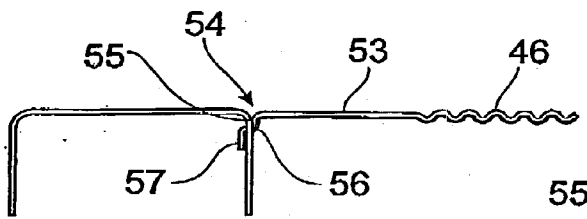


FIG. 27

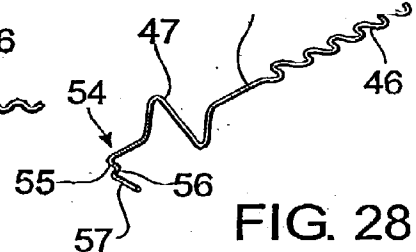


FIG. 28

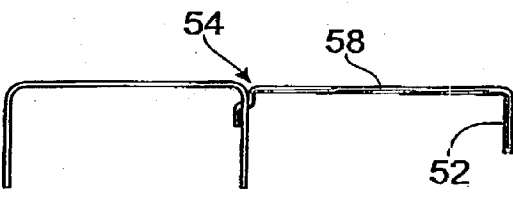


FIG. 29

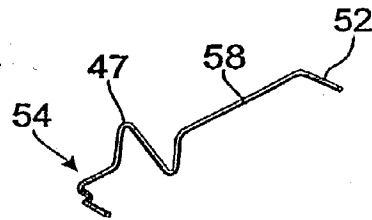


FIG. 30

US 2003/0145537 A1

Aug. 7, 2003

1

### METAL BUILDING STUD AND BRICK TIE FOR A HYBRID METAL AND TIMBER FRAMED BUILDING SYSTEM

[0001] The invention relates to a hybrid building system using metal studs and brick ties in a timber framed building. In particular, although not exclusively, the invention relates to a metal stud and a brick tie for use in the hybrid building system.

#### BACKGROUND TO THE INVENTION

[0002] One of the most common building materials in residential and light commercial building construction is timber. Timber is popular because it is easy to use and relatively inexpensive. Notwithstanding the advantages there are a number of problems with timber construction that has led to the development of building systems using alternative materials. These problems include susceptibility to termite attack, variations in timber quality and dimensional accuracy and periodic timber shortages leading to construction delays and cost increases. Timber construction joints are notoriously weak in tension except with the addition of sheet metal bridging connectors which are costly and difficult to install.

[0003] As an alternative, one material that has achieved modest popularity is steel. Various steel frame building systems may be found in the literature including, for example, Australian Patent number 590821 in the name of Bryan Howell. This patent describes a system of metal studs, plates and noggins that are assembled using fasteners passed through aligned slots.

[0004] Although numerous steel framed building systems have been proposed for residential and light commercial applications, they have failed to achieve wide acceptance, particularly where the framing is assembled on site. The inventor speculates that this is due to the ease of use of timber and the familiarity of tradesman with timber as a building material. Furthermore, metal framing systems dictate the use of metal roof trusses due to the difficulty in effectively connecting timber trusses to steel top plates. Metal roofing systems are more difficult to manufacture and therefore more expensive.

[0005] Another popular construction method for the walls of residential and light commercial buildings is brick veneer construction consisting of a timber or steel frame as described above with a single depth outer brick wall. In order to provide structural integrity a method is needed to tie the brick wall to the frame.

[0006] Numerous products have been developed for the purpose of providing a connection between a frame and a brick wall. These are variously referred to as brick ties, masonry ties, and masonry anchors. Brick ties developed for connection to timber studs are not well suited for use with metal studs. They must be either screw fixed, pop riveted, welded or bolted to the stud. Specific designs for brick ties intended for connection to metal studs also exist, but these also require screw fixing, riveting, welding or bolting.

[0007] For examples of prior art brick ties, reference may be had to U.S. Pat. No. 6,209,281, assigned to Bailey Metal Products Limited that describes a two part brick tie that has an anchor that is screwed to a metal stud and a tie wire that is mortared into the brickwork. Reference may also be had

to U.S. Pat. No. 5,636,486, in the name of Hall, which describes a threaded masonry tie that is bolted through a stud with a sealing member to engage the sheathing of the building wall. The other end of the rod is mortared into the brickwork.

[0008] It is commonplace to provide a paper or sisal covering over the framework before constructing the brick veneer. This can cause problems in high humidity regions or where moisture can penetrate porous brickwork. Moisture can collect on the brickwork and run down the inside face. If left unchecked the moisture can track along the brick ties to the paper or sisal covered wall studs. As well as saturating the stud covering, the water will wet the studs and eventually wet the interior dry wall lining of the building.

[0009] With the present invention there is the opportunity to incorporate the advantages of steel and timber by devising a special steel framing stud that permits construction of a timber and steel hybrid building frame and by devising a special brick tie.

#### OBJECT OF THE INVENTION

[0010] It is an object of the present invention to provide a new design of a metal stud for a hybrid building system.

[0011] It is another object of the invention to overcome the drawbacks of the above described timber frame and steel frame building systems.

[0012] It is yet another object to provide a hybrid building system utilizing the new design of metal stud.

[0013] It is a further object of the invention to provide a new design of brick tie that is simple to install to metal studs.

[0014] It is another object of the invention to provide a brick tie for use with the above metal stud in a hybrid building system, the brick tie being rigid and providing a moisture migration resistant connection between metal studs and brickwork in brick veneer walls of buildings.

[0015] Further objects will be evident from the following description.

#### DISCLOSURE OF THE INVENTION

[0016] In one form, although it need not be the only or indeed the broadest form, the invention resides in a metal stud comprising: an elongate metal section including two flanges joined by a web; flange and web plate tabs formed at each end of the stud, said web plate tabs foldable from a position in a plane of the web to a position generally perpendicular to the web; and one or more further tabs formed along the length of the web for positioning and support of one or more lintels, sills and noggins, said one or more further tabs being formed in the plane of the web but foldable to a position generally perpendicular to the web.

[0017] Suitably the elongate metal section is a C-section or Z-section channel.

[0018] The web plate tabs are suitably formed in the plane of the web by cutting of the web in the shape of the tab. Scoring or notching of the web along a fold line will facilitate folding of the tab into the position generally perpendicular to the web if the folding operation is performed using hand tools at a building site.

US 2003/0145537 A1

Aug. 7, 2003

2

[0019] There is a plurality of fastener holes along the stud for fastening of timber to the stud at the tabs and at intermediate positions along the stud. The timber being fastened is typically top and bottom plates, lintels, sills, noggins, or other timber building components. The fastener holes may be indented to take the head of the fastener. Additionally, a knurled or otherwise roughened surface may be provided on areas of the stud to facilitate machine insertion of nails or screws.

[0020] The stud preferably also includes service apertures in the web formed at several positions along the length of the stud. The apertures may have rolled edges to prevent damage to pipes and cables.

[0021] There may also be a plurality of lining spikes formed in the flanges of the studs and foldable into a position to support wall linings. A wall lining sheet support tab may be provided close to the lower end of the stud.

[0022] Preferably there are brick tie fixing holes appropriately spaced along the stud to receive an end of a wire brick tie in brick veneer construction.

[0023] In a further form, the invention resides in a hybrid building frame system comprising:

[0024] a plurality of metal studs, said metal studs comprising:

[0025] an elongate metal section including two flanges joined by a web; flange and web plate tabs formed at each end of the stud, said web plate tabs foldable from a position in a plane of the web to a position generally perpendicular to the web; and one or more further tabs formed along the length of the web for positioning of lintels, sills or noggins, said one or more further tabs being formed in the plane of the web but foldable to a position generally perpendicular to the web;

[0026] timber top plates attachable to said metal studs at upper said flange and web plate tabs;

[0027] timber bottom plates attachable to said metal studs at lower said flange and web plate tabs; and

[0028] timber lintels, sills and noggins attachable between said studs at said one or more further tabs.

[0029] The timber components will generally be the same width as the distance between the flanges of the stud. If the timber components are wider they may be stepped down in width at points where they join onto a stud so that a neat fit is formed between the flanges of the stud and the timber.

[0030] In a further form, the invention resides in a brick tie for attachment to a metal stud in a hybrid building frame system, said brick tie comprising:

[0031] a length of shaped wire including a body, a stud attachment portion at one end of the body, a wall engagement portion at the other end of the body and a moisture elimination portion intermediate the stud attachment portion and the wall engagement portion;

[0032] said stud attachment portion consisting of a bent section forming a crank that interlocks with a hole in the stud.

[0033] Suitably the stud attachment portion comprises a crank in the form of a first short length extending generally perpendicular to the longitudinal axis of the body of the wire and a second length extending generally parallel to the longitudinal axis of the body of the wire from an end of the short length distal from the body.

[0034] The stud attachment portion may further comprise a third length generally perpendicular to the longitudinal axis of the body of the wire and extending from a free end of the second length.

[0035] The wall engagement portion suitably comprises a bent portion adapted to be held in mortar laid between courses of bricks forming a wall.

[0036] The wall engagement portion is suitably bent in a wave shape. Alternatively the wall engagement portion may be formed by a single bend in the wire in a plane of a mortar course between bricks forming a wall.

[0037] The moisture elimination portion is suitably an N shaped section bent in the wire. In use, the N shaped section is aligned in a vertical plane.

[0038] It will be appreciated that there is no specific relationship between the planes of the bends of the stud attachment portion, the plane of the wall engagement portion, and the plane of the moisture elimination portion. However, it is preferable that the stud attachment portion and the wall engagement portion are formed in a generally horizontal plane.

[0039] The brick tie is preferably formed from stainless steel wire.

#### BRIEF DETAILS OF THE DRAWINGS

[0040] To assist in understanding the invention preferred embodiments will now be described with reference to the following figures in which:

[0041] FIG. 1 shows a C-section metal wall stud;

[0042] FIG. 2 shows a Z-section metal wall stud;

[0043] FIG. 3 is an enlarged view of one end of the metal wall stud of FIG. 1;

[0044] FIG. 4 shows one end of a metal wall stud with web plate tab folded in;

[0045] FIG. 5 shows one end of a metal wall stud with web plate tab folded out;

[0046] FIG. 6 is a sketch of part of a metal wall stud showing a lintel tab folded in;

[0047] FIG. 7 is a sketch of part of a metal wall stud showing a lintel tab before being folded;

[0048] FIG. 8 is a sketch of part of a metal wall stud showing a lintel tab folded out;

[0049] FIG. 9 is a sketch of part of a metal wall stud showing noggin tabs folded in;

[0050] FIG. 10 is a sketch of part of a metal wall stud showing noggin tabs before being folded;

[0051] FIG. 11 is a sketch of part of a metal wall stud showing noggin tabs and a lining sheet fixing spike folded out;

US 2003/0145537 A1

Aug. 7, 2003

3

[0052] FIG. 12 is a sketch of part of a metal wall stud showing a services aperture and a web plate tab folded in;

[0053] FIG. 13 is a sketch of part of a metal wall stud showing a services aperture with a web plate tab and a lining sheet support tab folded out;

[0054] FIG. 14 shows the construction of part of a wall using a metal wall stud;

[0055] FIG. 14A shows the construction of part of a wall using a metal wall stud in an alternative configuration;

[0056] FIG. 15 shows the construction of part of a wall using a metal wall stud in a further alternative configuration;

[0057] FIG. 16 shows the construction of a part of a residential building using the metal wall studs;

[0058] FIG. 17 shows the use of tie wire to tie bricks to the wall studs in a brick veneer construction;

[0059] FIG. 18 shows one end of a metal wall stud with web plate tab folded out and flange plate tab enclosing a wall plate;

[0060] FIG. 19 shows an alternate configuration of connecting a metal wall stud to a wall plate;

[0061] FIG. 20 shows another configuration of a connecting a metal wall stud to a wall plate; and

[0062] FIG. 21 shows a further configuration of connecting a metal wall stud to a wall plate.

[0063] FIG. 22 shows a brick tie attached to a stud and engaging a wall;

[0064] FIG. 23 shows a first embodiment of a brick tie engaging the web of a metal stud;

[0065] FIG. 24 shows a perspective view of the brick tie of FIG. 23;

[0066] FIG. 25 shows a second embodiment of a brick tie engaging a flange of a metal stud;

[0067] FIG. 26 shows a perspective view of the brick tie of FIG. 25;

[0068] FIG. 27 shows a third embodiment of a brick tie engaging the web of a metal stud;

[0069] FIG. 28 shows a perspective view of the brick tie of FIG. 27;

[0070] FIG. 29 shows a fourth embodiment of a brick tie engaging a flange of a metal stud; and

[0071] FIG. 30 shows a perspective view of the brick tie of FIG. 29.

#### DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENT

[0072] In describing different embodiments of the present invention common reference numerals are used to describe like features.

[0073] There is shown in FIG. 1 a steel wall stud 1 formed from a C-section elongate channel member. Another steel wall stud 2, formed from a Z-section elongate channel, is shown in FIG. 2. The construction of each stud is the same except for the channel section used. The stud may be roll-formed, pressed or otherwise folded to produce a chan-

nel section with parallel flanges 3 and a joining web 4. At each end of stud 1 is formed a foldable web plate tab 5 and two flange tabs 37. The web plate tab is formed in the plane of the web 4 by cutting the join between the flange 3 and the web 4. As shown in FIG. 3 the tab 5 is folded out at approximately right angles to the web at fold line 6. Two indented ribs 7 act to lock the web plate tab in the folded position.

[0074] As seen in FIG. 3, the web plate tab 5 forms a seat for the top or bottom plate of a wall frame, as shown and described later with reference to FIGS. 14-16. Fasteners, such as nails or screws, fasten the wall stud 1 to the top and bottom plates through holes 8 provided in the flange tabs 3 and web plate tab 5. The web plate tab 5 may be folded in as shown in FIG. 4, or out as shown in FIG. 5.

[0075] In one embodiment as shown in FIG. 14, the top and bottom plates are selected to have a width that will fit between the flange tabs 37. In this manner the metal wall stud 1 will seat comfortably onto the bottom plate and the top plate will seat comfortably into the top of the metal wall stud. Similarly the lintels, sills and noggins are selected to have a width that will fit neatly between the flanges 3.

[0076] In another embodiment the width of the wall plates, lintels, sills and noggins are selected to be the same as the distance between the outer surfaces of the stud flanges. In this embodiment the plates, lintels, sills and noggins must be stepped down in width in the region where they join onto the stud so they can fit between the stud flanges.

[0077] In a further embodiment, as seen in FIG. 18, the wall stud 1 has a web plate tab 5 folded to form a seat for a top or bottom plate of a wall frame similar to that shown in FIG. 3. The wall stud 1 has flange plate tabs 33 formed as extensions to the flange tabs 37. They extend beyond the wall plate and are folded around the wall plate. In this manner, the metal wall stud will encase and attach to the wall plate. The web plate tab 5 is attached to the wall plate by nails, screws, bolts or nail tooth spikes as described in the embodiment with reference to FIG. 3. The flange plate tabs 33 and flange tabs 37 as shown in FIG. 18 may have nails, screws or nail tooth spikes for additional attachment to the wall plate.

[0078] In FIG. 19 there is shown an alternate embodiment of securing a wall plate to the wall stud 1. Plate 5 is provided with a plurality of nail tooth spikes 35 formed integrally with the tab. Flange tabs 34 formed in the plane of the flange 3, extend part of the way across the wall plate unlike the embodiment shown in FIG. 18 which extends past the wall plate. The flange tabs 34 in the present embodiment are provided with a plurality of nail tooth spikes 36 formed integrally with the tab. During assembly, the flange tabs 34 must be folded back so the wall plate can be inserted between the spikes 36. The nail tooth spikes 35 and 36 are forced into the wall plate to connect the wall stud 1 to the wall plate.

[0079] Referring to FIG. 20, there is shown a further embodiment of securing a wall plate to the wall stud 1. Flange tab 37, formed in the plane of flange 3 extends the height of the wall plate, so that the tab 37 is substantially flush with an edge of the wall plate. The flange tab 37 is provided with a plurality of integrally formed offset nail tooth spikes 38 that can be bent inwards into the plane of

US 2003/0145537 A1

Aug. 7, 2003

4

flange 37, at fold lines at the upper ends of each nail tooth spike. During the assembly of the wall plate and wall stud, the offset nail tooth spikes 38 are forced inwards into the wall plate so that the nail tooth spikes 38 are flush with the flange tab 37.

[0080] The web plate tab 5 as shown in FIG. 20 may be provided with a plurality of similar offset nailed tooth spikes 39 to secure the wall plate to the metal wall stud 1.

[0081] In a yet further embodiment, there is shown in FIG. 21 the flange tab 37 having a plurality of nail tooth spikes 40 integrally formed therewith. The flange tab 37 extends to the height of the wall plate as in FIG. 20. However, the nail tooth spikes are not offset but protrude from the flange tab 37. Similar nail tooth spikes 41 are integrally formed with web plate tab 5.

[0082] During the assembly of the connection of the wall stud 1 to the wall plate, the flange tab 37 is bent outwards at notches 42, to accommodate the wall plate. The nail tooth spikes 40 and 41 are forced into the wall plate to secure the connection of the wall stud 1 to the wall plate.

[0083] One particular advantage of tooth nail spikes is that complete wall sections, which use the metal wall studs of the present invention, can be pre-assembled off site using automated machinery with limited nailing required to secure the wall plates to the wall studs.

[0084] The metal wall studs 1 may be formed with a range of additional feature tabs to facilitate traditional timber building methods. The feature tabs may be supplied as cut-outs which are left flush with the surface of the web for the builder to fold out on site, as required. Alternatively, they may be supplied already folded out.

[0085] If tabs are supplied folded out there will be indents formed along the fold to help hold the tabs in the folded out position. If the tabs are to be folded at the building site there are notches and scores formed to assist the folding.

[0086] Referring to again to FIG. 1, there is shown a lintel tab 9 that is cut in the wall stud 1 at a suitable height for supporting a lintel 18, as shown in FIG. 14. For a typical residential building the wall stud 1 may be 2440 mm long and the lintel tab 9 may be at 2100 mm from the bottom of the stud. As with the web plate tab 5, the lintel tab 9 is initially formed in the plane of the web 4, as shown in FIG. 7. Notches 10 provide a fold line so that the lintel tab 9 can be folded in or out. The lintel is fixed to the lintel tab 9 through holes 11 and fixed to the stud web through holes 12. If the lintel tab 9 is folded in as in FIG. 6 the holes 12 in the flange 3 can also be used to fix the lintel to the stud.

[0087] Also shown in FIG. 1 are noggin tabs 13 formed part way along the stud 1. As with the lintel tab 9 and plate tab 5, the noggin tabs 13 are initially formed in the plane of the web 4, as shown in FIG. 10. The noggin tabs 13 may be folded in as shown in FIG. 9, or out as shown in FIG. 11. Fasteners pass through holes 12 in the web to fix the noggin to the web of the wall stud 1. Holes 12 in the flanges can be used to fix the noggin to the flanges 3 of the stud 1. The position of the noggin tabs along the length of the stud is selected to correspond to the position of the horizontal joint between the wall lining sheets (typically 1200 mm).

[0088] To assist with fixing of wall linings to a wall constructed using the metal wall stud 1, there are provided

multiple lining spikes 14 that may be folded out from the flange 3. The lining spikes 14 hold the wall lining in position while the stud fixing adhesive cures. The lowermost lining spike 14a (see FIGS. 12 and 13) may be truncated to form a lining sheet support tab that the lining is rested upon to position the lining at the correct height above a ground slab. Typically the lining sheet support tab 14a will be 10 mm from the bottom of the stud.

[0089] To allow services to pass through the wall stud 1 one or more service apertures 15 are cut in the lower web of the stud, as shown in FIGS. 1, 2, 12 and 13. The services aperture 15 is formed with rounded edges to avoid damage to the services.

[0090] Turning now to FIG. 14, a section of wall is shown that demonstrates the use of the metal wall stud in a hybrid building system. Four metal wall studs 1 are shown seated upon a timber bottom plate 16. Typically the bottom plate is made of termite resistant material. The plate tab 5 on each stud 1 is folded in and the stud is fixed to the bottom plate through holes 8. A window is formed by timber sill 17 that is supported on sill tab 43 and timber lintel 18 supported on lintel tabs 9. The lintel tabs 9 and sill tabs 43 are folded in. The lintel and sill are fixed in position with nails or screws through holes 11 and 12. A timber top plate 19 seats comfortably at the top of the studs 1 on tab 5 that is folded in. The top plate is fixed in position with nails through holes 8.

[0091] In the present invention the fastening of the bottom plate 16 and top plate 19 to the stud 1 provides a particularly strong attachment compared to conventional timber construction. The fasteners through the holes 8 in the flange tabs 37 of the stud 1 operate in shear to prevent vertical separation of the components. The fasteners through the holes 8 in the web plate tabs 5 operate in shear to prevent horizontal separation of the components. In contrast, fasteners in conventional timber construction operate primarily in tension and are therefore less effective. The applicants contend that for this reason cyclone bolting that is usually required with conventional timber construction will not generally be required with the hybrid building system.

[0092] Similarly, the fastening of the lintel sill and noggins to the studs 1 is achieved through a combination of the fasteners acting in shear with all the benefits as noted above for the top and bottom plate connections to the stud.

[0093] In FIG. 19 there is shown an alternate embodiment of securing the bottom plate 16 and top plate 19 to the wall stud 1. Plate tab 5 and flange tabs 34 are provided with a plurality of nail tooth spikes 35 and 36 formed integrally with the tabs. Flange tabs 34 only extend part of the way over either the bottom plate 16 or top plate 19. Nail tooth spikes 35 and 36 are forced into the wall plates upon assembly of the connection of the wall stud 1 to the wall plates.

[0094] Referring to FIG. 20, there is shown a further embodiment of securing a bottom plate 16 or top plate 19 to the wall stud 1. Flange tab 37, formed in the plane of flange 3 extends the height of the wall plate, so that the tab 37 is substantially flush with an edge of the wall plate. The flange tab 37 is provided with a plurality of integrally formed offset nail tooth spikes 38 that can be bent inwards into the plane of flange tab 37, at fold lines at the upper ends of each nail

US 2003/0145537 A1

Aug. 7, 2003

5

tooth spike. During the assembly of the wall plate and wall stud, the offset nail tooth spikes **38** are forced inwards into the wall plate so that the nail tooth spikes **38** are flush with the flange tab **37**.

[0095] The plate tab **5** as shown in **FIG. 20** may be provided with a plurality of similar offset nailed tooth spikes **39** to secure the wall plate to the metal wall stud **1**.

[0096] In a yet further embodiment, there is shown in **FIG. 21** the flange tab **37** having a plurality of nail tooth spikes **40** integrally formed therewith for securing the bottom plate **16** and top plate **19**. The flange tab **37** extends to the height of the wall plate as in **FIG. 20**. However, the nail tooth spikes are not offset but are flush with the flange tab **37**. Similar nail tooth spikes **41** are integrally formed with plate tab **5**.

[0097] During the assembly of the connection of the wall stud **1** to the wall plate, the flange tab **37** is bent upwards at notches **42**, to accommodate the wall plate. The nail tooth spikes **40** and **41** are forced into the wall plate to secure the connection of the wall stud **1** to the wall plate.

[0098] In a further embodiment, the bottom plate **16** and top plate **19** may be fastened to the stud **1** as shown in **FIG. 18**. The wall stud **1** has flange plate tabs **33** formed in the plane of flange **3** which extend beyond the wall plate and are folded around the wall plate. The flange plate tabs **33** encase and support the wall plate. Nails or screws may also be used to improve attachment to the wall plate.

[0099] To continue the wall construction, in **FIG. 14** there is shown back-to-back studs positioned either side of the window. The construction is shown in section A-A. The back-to-back construction provides extra strength and facilitates addition of noggins **20** on noggin tabs **13**, usually at a height corresponding to the horizontal join in the internal wall lining. It will be appreciated that the hybrid building system allows noggins to be adjacent the sill if this is necessary for positioning of wall linings. As an alternative the studs either side of the window may be arranged piggy-back fashion as in section C-C of **FIG. 14A**.

[0100] An alternative arrangement is shown in **FIG. 15** wherein the pairs of studs either side of the window are arranged face-to-face, as shown in section B-B. This arrangement does not allow the use of fasteners through holes **12** to hold the sill, lintel or noggins, but can provide a clear channel for the passage of services that may be provided through service aperture **15**. Where studs are doubled up and there is a cavity between them, they can be locked together and the bending strength of the studs will be enhanced by fixing short timber blocks in the cavity formed between the studs.

[0101] The principles shown in **FIGS. 14 and 15** can be applied to construct an entire building. Some of the key methods, such as corner **21**, abutting wall **22**, door **23** and window **24** are shown in **FIG. 16**. The door **23** and window **24** are constructed using a variation from the method depicted in **FIG. 14**. Back-to-back C-section wall studs are used but the inner studs **25** are shorter than the outer studs **26**. In this method the lintel **18** seats on plate tab **5** at the top of the stud **25** rather than on lintel tab **9** (see **FIGS. 14 and 16**).

[0102] It is common in timber building construction to finish the outside of the building with a wall of bricks. These

bricks are tied to the studs with brick ties that are fixed between the brick courses during construction of the brick wall. As shown in **FIG. 17**, tie holes **27** are provided in studs **1** to receive the end of brick ties **28**. The other end of the brick tie **28** is held by mortar **29** between courses of a brick wall **30**. The brick tie **28** is suitably formed from stainless steel wire having conventional corrugated formation **31** at one end.

[0103] It is common for paper or sisal to be fixed to the wall frame before construction of the brick wall. The paper makes it difficult to locate the holes **27** for the brick ties **28**. To overcome this problem the stud has indents **32** on the edges adjacent the holes **27** as shown in **FIGS. 3 and 17**.

[0104] Improved brick ties in accordance with the present invention suitable for brick veneer construction using the proposed hybrid building system are described below.

[0105] There is shown in **FIG. 22** a brick tie **44** attached to a metal wall stud **1** and engaging a brick wall **30**. As can be seen most clearly in subsequent figures, the stud **1** has a small hole **27** that receives stud attachment portion **48** of the brick tie **43**. These holes maybe drilled on site but are preferably pre-drilled during manufacture of the stud.

[0106] The stud attachment portion **48** consists of a short length of wire **49** that is bent at approximately right angles to the body of the brick tie **44**. A further bend is made in the wire to form second length **50**. The first and second lengths form a crank with the body of the brick tie that securely attaches to the stud once the crank is inserted through the hole **27**.

[0107] The wall engagement portion **46** is formed as an approximately sinusoidal bend in the opposite end of the wire from the stud attachment portion **48**. The wall engagement portion **46** is captured in the mortar **29** between the courses of bricks **45** forming the wall **30**.

[0108] It is common for a covering of paper or sisal to be applied to the studs **1** on the side facing the brick wall **30**. This can make it difficult for the hole **27** to be located for positioning of the brick tie **44**. For this reason an indent **32** may be formed in the edge of the stud so the hole location can be found by feeling the indent.

[0109] As discussed above, there is a problem with moisture condensing on the inner surface of the brick wall and tracking along the brick tie to the inner wall. If it is not deflected from the tie, the moisture will wet the paper or sisal attached to the face of the stud. Eventually the moisture will wet the interior dry wall lining of the building causing mouldiness and loss of lining board strength in the interior of the building. This problem is addressed by the moisture elimination portion **47** that is formed by a bend in the body of the wire to form a downwards pointing angle that collects moisture which then drips off the brick tie. As clearly seen in **FIG. 22**, a double-sided moisture elimination portion is preferred so that the brick tie **44** can be installed in either orientation.

[0110] The structure of the brick tie **44** is seen most clearly in **FIG. 24** which shows the stud attachment portion **48** at one end of the brick tie, the wall engagement portion **46** at the other end of the brick tie, and the moisture elimination portion **47** intermediate the stud attachment portion **48** and the wall engagement portion **46**.

US 2003/0145537 A1

Aug. 7, 2003

6

[0111] A second embodiment 51 of the brick tie is shown in FIGS. 25 and 26. The stud attachment portion 48 and moisture elimination portion 47 are identical to the first embodiment. The second embodiment differs in the wall engagement portion 52 that is formed by a substantially right angle bend in the end of the wire.

[0112] A third embodiment 53 of the brick tie is shown in FIGS. 27 and 28. The third embodiment is similar to the first embodiment in formation of the moisture elimination portion 47 and the wall engagement portion 46. However, the third embodiment has a stud engagement portion 54 that is designed to attach to a hole formed in the flange of the stud 1. The stud attachment portion 54 consists of a first length of wire 55 that is bent at approximately right angles to the body of the brick tie 44. A further bend is made in the wire to form second length 56 which seats in the hole in the flange. A third bend forms a third length 57 that rests against the inside of the flange. The first, second and third lengths form a hook that securely attaches to the stud once the hook is inserted through the hole.

[0113] A fourth embodiment 58 of a brick tie is shown in FIGS. 29 and 30. In the fourth embodiment the stud attachment portion 54 has the same structure as the third embodiment but the wall engagement portion 14 has the structure of the second embodiment.

[0114] In the case of the third and fourth embodiment the location of the hole may be felt through the sisal or paper, thus reducing the need for the indent 32.

[0115] The invention offers significant benefits not available with traditional steel stud and building frames. These include:

[0116] Permits use of traditional timber frame construction techniques rather than metal working processes to construct building frames with steel studs;

[0117] Permits construction of steel stud building frame panels, which have a higher torsional stiffness, than panels made totally from steel channel sections. This feature makes the panel easier to transport and erect;

[0118] Enables timber roof trusses to be fitted to a steel stud building frame using traditional timber fastening methods;

[0119] Avoids the need to use a steel bottom wall plate while still getting the benefits of having a steel studded building frame. Steel bottom wall plates fixed flat onto a slab are prone to corrode if the slab gets wet; and

[0120] Provides a moisture migration resistant connection between steel studs and brickwork in brick veneer walls that often finish the outside of building frames.

[0121] The invention offers significant benefits not available with traditional timber stud building frames. These include:

[0122] Resists termite infestation by removing vertical timber infestation path, while at the same time permitting normal timber frame construction;

[0123] Uses traditional timber building techniques for construction but improves strength of the building frame and reduces the opportunity for defects;

[0124] Permits continued use of low cost timber roof frames while providing the benefits of using steel studs;

[0125] Reduces the need for cyclone bolting between top and bottom plate due to the strength of metal studs and the strong attachment between the stud and the wall plates;

[0126] Reduces the amount of structural timber (a dwindling resource) required in residential and light commercial buildings;

[0127] Permits the mainstream of builders, who traditionally build timber framed structures to construct timber-steel composite framed structures which incorporate the described features of the steel frames, while still using traditional timber construction skills; and

[0128] Eliminates the need for the labour intensive installation of sheet metal fasteners to connect between studs and wall plates.

[0129] The invention has been described in the preferred embodiments with reference to steel studs, however, other materials such as aluminium can also be used without departing from the spirit and scope of the invention.

1. A metal stud comprising:

an elongated metal section including two flanges joined by a web;

flange plate tabs and web plate tabs formed at each end of the stud with said web plate tabs foldable from a position in a plane of the web to a position generally perpendicular to the web; and

one or more further tabs formed along the length of the web for positioning and support of one or more lintels, sills and noggins, said one or more further tabs being formed in the plane of the web but foldable to a position generally perpendicular to the web.

2. The metal stud of claim 1, wherein the elongated metal section is a C-section or Z-section channel.

3. The metal stud of claim 1, wherein the web plate tabs are formed in the plane of the web in the shape of the tab to allow folding perpendicular to the web.

4. The metal stud of claim 1, wherein the stud further comprises a plurality of fastener holes along its length.

5. The metal stud of claim 4, wherein the fastener holes are formed in an indented section.

6. The metal stud of claim 1, wherein the stud further comprises areas of knurled or otherwise roughened surfaces along its length to facilitate machine insertion of nails or screws.

7. The metal stud of claim 1, wherein the web further comprises one or more service apertures formed along the length of the stud.

8. The metal stud of claim 7, wherein the service apertures have rolled edges.

9. The metal stud of claim 1, wherein the flanges further comprise a plurality of foldable spikes that are folded out from the flanges.



US 2003/0145537 A1

Aug. 7, 2003

7

10. The metal stud of claim 9, wherein the foldable spikes support wall linings.

11. The metal stud of claim 9, wherein the lowest foldable spike is truncated to form a support tab.

12. The metal stud of claim 1, wherein each flange further comprise a wall lining sheet support tab on the lower end of the stud.

13. The metal stud of claim 1, wherein the stud further comprises brick tie fixing holes spaced appropriately along the stud.

14. The metal stud of claim 13, wherein the stud has indents on the intersection between the web and flanges adjacent to the brick tie holes to assist in locating said holes.

15. The metal stud of claim 3, wherein the web plate tabs further comprise a plurality of nail tooth spikes formed integrally with said tabs.

16. The metal stud of claim 3, wherein the web plate tabs further comprise two indented ribs to lock the web plate tab in the folded position.

17. The metal stud of claim 1, wherein the flange plate tabs further comprise a plurality of nail tooth spikes formed integrally with said tabs.

18. The metal stud of claim 1, wherein the flange plate tabs further comprise a plurality of fastener holes.

19. The metal stud of claim 1, wherein the flange plate tabs have extensions formed in the plane of said flange plate tabs and said extensions are foldable.

20. The metal stud of claim 1, wherein the tabs further comprise indents formed along the fold lines.

21. The metal stud of claim 1, wherein the tabs further comprise notches and scores to assist folding.

22. A hybrid building frame system comprising:

a plurality of metal studs each comprising: an elongated metal section including two flanges joined by a web; flange and web plate tabs formed at each end of the stud, said web plate tabs foldable from a position in a plane of the web to a position generally perpendicular to the web;

and one or more further foldable tabs being formed along the stud;

timber top plates attachable to said metal studs at upper said flange and web plate tabs;

timber bottom plates attachable to said metal studs at lower said flange and web plate tabs; and

timber lintels, sills and noggins attachable between said studs at said one or more further tabs.

23. The hybrid building frame system of claim 22, wherein the timber top plates are the same width as the distance between the flanges of the stud.

24. The hybrid building frame system of claim 22, wherein the timber bottom plates are the same width as the distance between the flanges of the stud.

25. The hybrid building frame system of claim 22, wherein the lintels, sills and noggins are the same width as the distance between the flanges of the stud.

26. The hybrid building frame system of claim 22, wherein the timber top plates, bottom plates, lintels, sills and noggins are the same width as the distance between the outer surfaces of the stud flanges and are stepped down in width in the region where they join onto the stud to fit between the stud flanges.

27. The hybrid building frame system of claim 22, wherein two adjacent metal studs are configured in a back-to-back fashion.

28. The hybrid building frame system of claim 22, wherein two adjacent metal studs are configured in a piggy-back fashion.

29. The hybrid building frame system of claim 22, wherein two adjacent metal studs are configured in a face-to-face fashion creating a cavity between said studs.

30. The hybrid building frame system of claim 29, wherein short timber blocks are fixed in the cavity between the metal studs.

31. A method of constructing a hybrid building frame including the steps of:

attaching a metal stud to a timber bottom plate, by fixing said bottom plate between lower flanges of said stud;

attaching a metal stud to a timber top plate, by fixing said top plate between upper flanges of said stud; and

attaching one or more noggins, sills and or lintels between adjacent metal studs with noggins, sills and or lintels fixed to said studs;

32. The method of claim 31, wherein the timber top plate rests on top of the foldable web plate tab and is fastened with nails or screws through holes in the upper flange plate and web plate tabs.

33. The method of claim 31, wherein the timber bottom plate is fastened with nails or screws to the metal stud through holes in the lower flange plate and web plate tabs.

34. The method of claim 31, wherein one or more noggins, lintels and sills rest on noggin, lintel and sill support tabs and are fixed in position with nails or screws to the metal stud through holes in the adjacent stud flanges, web and support tabs.

35. The method of claim 31, further including the step of driving nail tooth spikes formed integrally with said flange plate tabs and web plate tabs into said timber top plate to secure said top plate.

36. The method of claim 31, further including the step of driving nail tooth spikes formed integrally with said flange plate tabs and web plate tabs into said timber lower plate to secure said lower plate.

37. The method of claim 31, further including the step of driving offset nail tooth spikes formed integrally with said upper web plate tab and said upper flange plate tabs inwards into said upper wall plate until flush with said upper web tab and said upper flange tabs respectively with said offset nail tooth spikes being bent inwards into the plane of said web tab and said flange tabs respectively at fold lines at the upper ends of each said nail tooth spike.

38. The method of claim 31, further including the step of driving offset nail tooth spikes formed integrally with said lower web plate tab and said lower flange plate tabs inwards into said lower wall plate until flush with said lower web tab and said lower flange tabs respectively with said offset nail tooth spikes being bent inwards into the plane of said web tab and said flange tabs respectively at fold lines at the upper ends of each said nail tooth spike.

39. The method of claim 31, further including the step of driving nail tooth spikes formed integrally with said upper web plate tab and said upper flange plate tabs by bending said upper web plate tab and said upper flange plate tabs into

said upper wall plate with said nail tooth spikes being flush to said upper web plate tab and said flange plate tabs respectively.

40. The method of claim 31, further including the step of driving nail tooth spikes formed integrally with said lower web plate tab and said lower flange plate tabs by bending said lower web plate tab and said lower flange plate tabs into said lower wall plate with said nail tooth spikes being flush to said lower web plate tab and said flange plate tabs respectively.

41. The method of claim 31, wherein the stud has flange plate tabs formed in the plane of the flange that extend beyond the wall plate and are folded around the said wall plate encasing and supporting it.

42. A brick tie for use in a hybrid building frame system, said brick tie comprising:

- a length of shaped wire including a body;
- a stud attachment portion at one end of the body, said stud attachment portion consisting of a bent section forming a crank that interlocks with a hole in the stud;
- a wall engagement portion at the other end of the body; and
- a moisture elimination portion intermediate the stud attachment portion and the wall engagement portion.

43. The brick tie of claim 42, wherein the stud attachment portion comprises a crank in the form of a first short length extending generally perpendicular to the longitudinal axis of

the body of said wire and a second length extending generally parallel to the longitudinal axis of the body of said wire from an end of said first short length distal from the body.

44. The brick tie of claim 43, wherein the stud attachment portion further comprises a third length generally perpendicular to the longitudinal axis of the body of the wire and extending from a free end of said second length.

45. The brick tie of claim 42, wherein the wall engagement portion comprises a bent portion adapted to be held in mortar laid between courses of bricks forming a wall.

46. The brick tie of claim 42, wherein the wall engagement portion is bent in a wave shape.

47. The brick tie of claim 42, wherein the wall engagement portion is formed by a single bend in the wire in a plane of a mortar course between bricks forming a wall.

48. The brick tie of claim 42, wherein the moisture elimination portion is an N shape section bent in the wire.

49. The brick tie of claim 48, wherein the N shaped moisture elimination section is aligned in a vertical plane when in use.

50. The brick tie of claim 42, wherein the brick tie is formed from stainless steel wire.

51. The brick tie of claim 42, wherein the stud attachment portion and the wall engagement portion are formed in a generally horizontal plane.

\* \* \* \* \*

Osnovni podaci o modelu	2
Ulazni podaci	
Konstrukcija	3
Opterećenje	4
Rezultati	
Statički proračun	5
Dimenzionisanje (čelik)	6
Dimenzionisanje (drvo)	7

Datoteka: BEZ.PNP.twp  
Datum proračuna: 27.4.2012

Način proračuna: 2D model (Xp, Zp, Yr)

- Teorija I-og reda       Modalna analiza       Stabilnost  
 Teorija II-og reda       Seizmički proračun       Ofset greda  
 Faze gradjenja

### Veličina modela

Broj čvorova: 4  
Broj pločastih elemenata: 0  
Broj grednih elemenata: 5  
Broj graničnih elemenata: 6  
Broj osnovnih slučajeva opterećenja: 1  
Broj kombinacija opterećenja: 1

### Jedinice mera

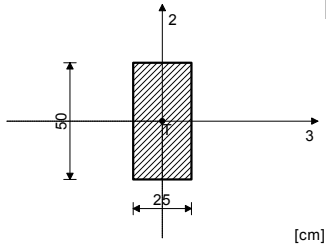
Dužina: m [cm,mm]  
Sila: kN  
Temperatura: Celsius

## Tabela materijala

No	Naziv materijala	E[kN/m <sup>2</sup> ]	$\mu$	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\alpha$ [1/C]	Em[kN/m <sup>2</sup> ]	$\mu$ m
1	Druri-Drunjët gjetmbajtës-Llamelluar	1.100e+7	0.20	5.00	1.000e-5	1.100e+7	0.20
2	Çeliku	2.100e+8	0.30	78.50	1.000e-5	2.100e+8	0.30

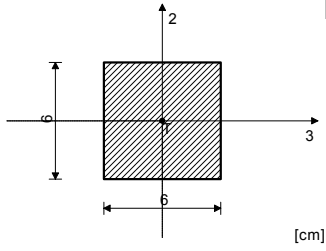
## Setovi greda

Set: 1 Presek: Pravougaoni



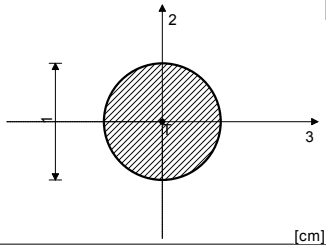
Mat.	P/Z	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1		1.250e-1	1.042e-1	1.042e-1	1.788e-3	6.510e-4	2.604e-3

Set: 2 Presek: Pravougaoni

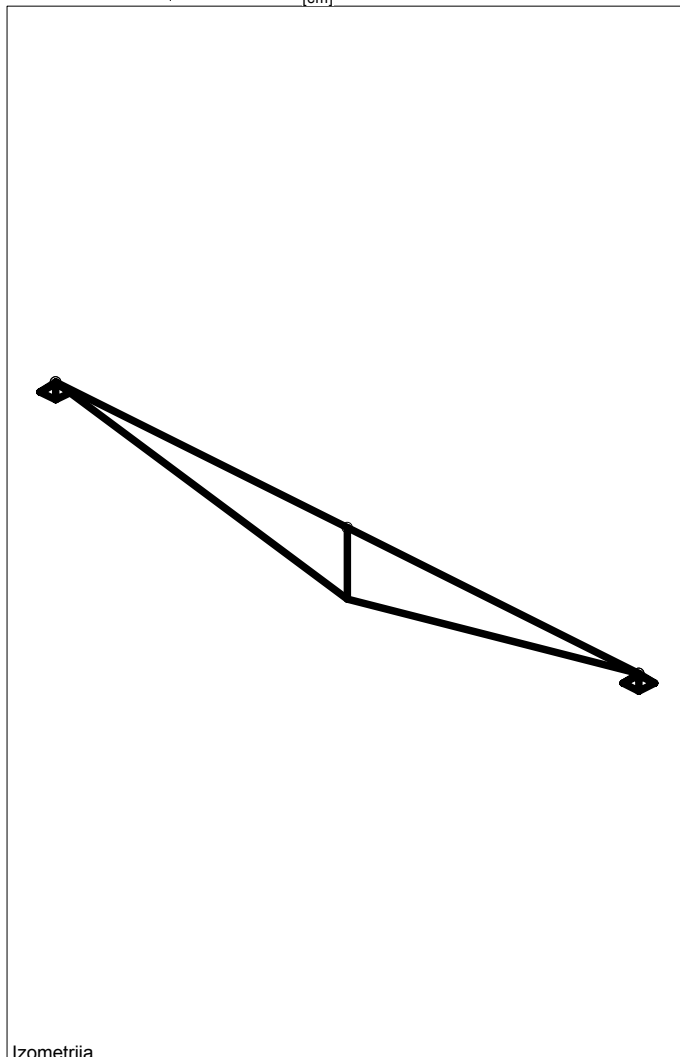


Mat.	P/Z	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2		3.600e-3	3.000e-3	3.000e-3	1.825e-6	1.080e-6	1.080e-6

Set: 3 Presek: Kružni



Mat.	P/Z	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2		7.854e-5	7.069e-5	7.069e-5	9.817e-10	4.909e-10	4.909e-10

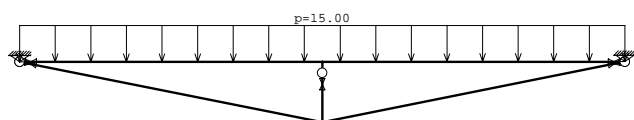


Lista slučajeva opterećenja

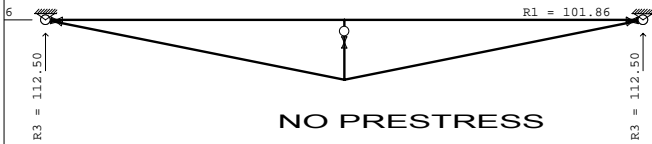
No	Naziv
1	

No	Naziv
2	Kombinacija: k1 (I)

Opt. 1:

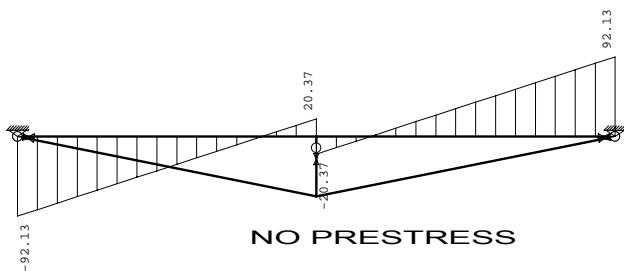


Opt. 2: k1



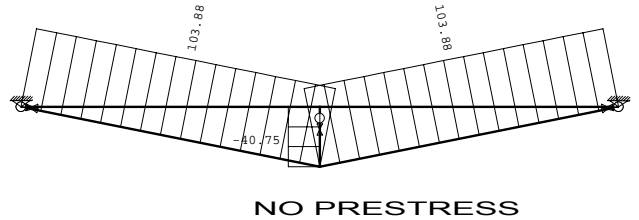
Reakcije oslonaca

Opt. 2: k1



Uticaji u gredi: max T2= 92.13 / min T2= -92.13 kN

Opt. 2: k1

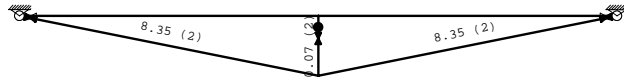


Uticaji u gredi: max N1= 103.88 / min N1= -40.75 kN

Opt. 2: k1



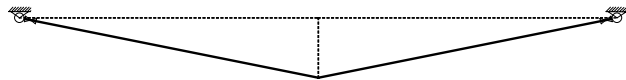
Uticaji u gredi: max M3= 282.76 / min M3= 282.76 kNm



NO PRESTRESS

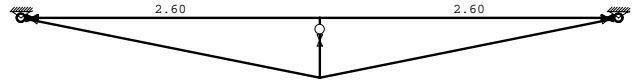
Kontrola napona





NO PRESTRESS

Kontrola stabilnosti



NO PRESTRESS

Kontrola stabilnosti

Osnovni podaci o modelu	2
Ulazni podaci	
Konstrukcija	3
Opterećenje	4
Rezultati	
Statički proračun	5
Dimenzionisanje (čelik)	6
Dimenzionisanje (drvo)	7

Datoteka: 1 KABL.twp  
Datum proračuna: 23.4.2012

Način proračuna: 2D model (Xp, Zp, Yr)

- Teorija I-og reda       Modalna analiza       Stabilnost  
 Teorija II-og reda       Seizmički proračun       Ofset greda  
 Faze gradjenja

### Veličina modela

Broj čvorova: 4  
Broj pločastih elemenata: 0  
Broj grednih elemenata: 5  
Broj graničnih elemenata: 6  
Broj osnovnih slučajeva opterećenja: 1  
Broj kombinacija opterećenja: 1

### Jedinice mera

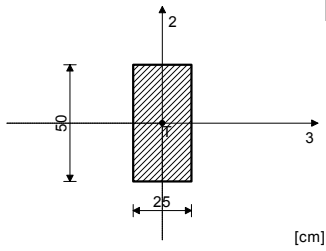
Dužina: m [cm,mm]  
Sila: kN  
Temperatura: Celsius

**Tabela materijala**

No	Naziv materijala	E[kN/m <sup>2</sup> ]	$\mu$	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\alpha$ [1/C]	Em[kN/m <sup>2</sup> ]	$\mu$ m
1	Druri-Drunjët gjetmbajtës-Llamelluar	1.100e+7	0.20	5.00	1.000e-5	1.100e+7	0.20
2	Çeliku	2.100e+8	0.30	78.50	1.000e-5	2.100e+8	0.30

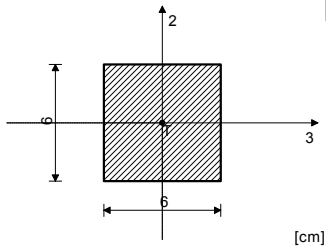
**Setovi greda**

Set: 1 Presek: Pravougaoni



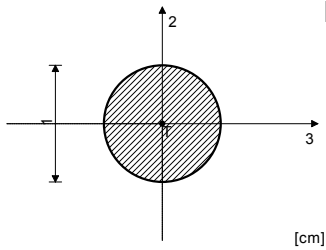
Mat.	P/Z	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1		1.250e-1	1.042e-1	1.042e-1	1.788e-3	6.510e-4	2.604e-3

Set: 2 Presek: Pravougaoni



Mat.	P/Z	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2		3.600e-3	3.000e-3	3.000e-3	1.825e-6	1.080e-6	1.080e-6

Set: 3 Presek: Kružni



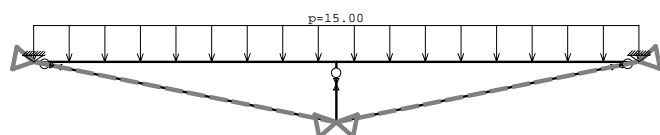
Mat.	P/Z	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2		7.854e-5	7.069e-5	7.069e-5	9.817e-10	4.909e-10	4.909e-10

Lista slučajeva opterećenja

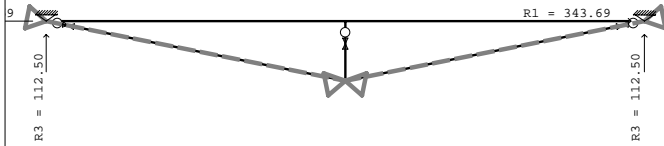
No	Naziv
1	

No	Naziv
2	Kombinacija: k1 (I)

Opt. 1:

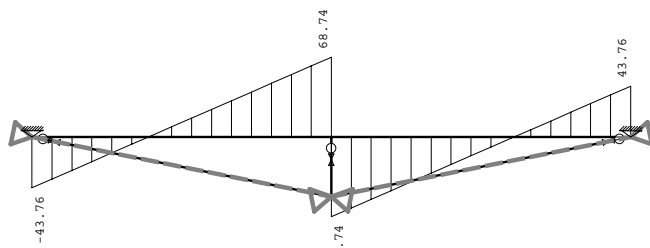


Opt. 1:



Reakcije oslonaca

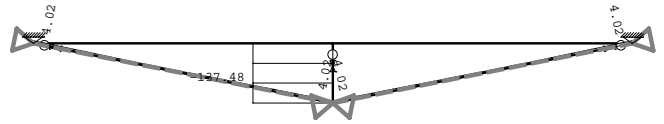
Opt. 1:



PS FORCE 350

Uticaji u gredi: max T2= 68.74 / min T2= -68.74 kN

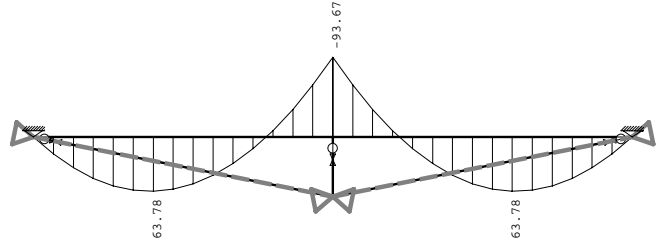
Opt. 1:



PS FORCE 350

Uticaji u gredi: max N1= 4.02 / min N1= -137.48 kN

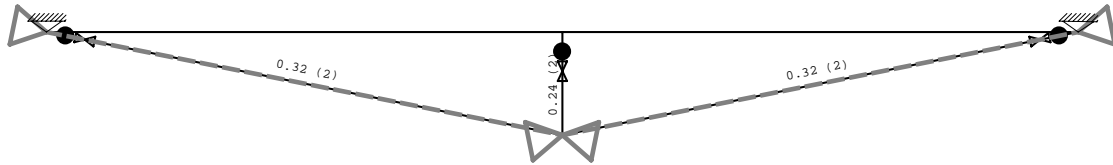
Opt. 1:



PS FORCE 350

Uticaji u gredi: max M3= 63.78 / min M3= -93.67 kNm

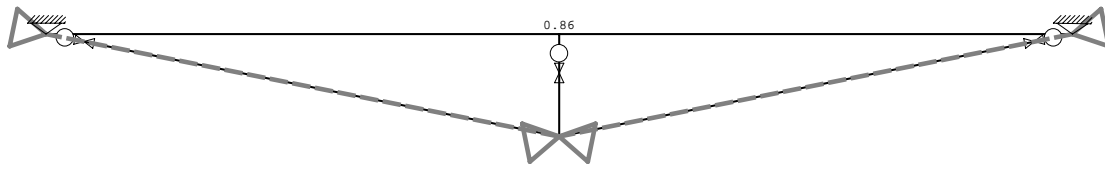
Opt. 1:



**PS FORCE 350 kN**

Kontrola napona

Opt. 1:



**PS FORCE 350 kN**

Kontrola stabilnosti



Osnovni podaci o modelu	2
Ulazni podaci	
Konstrukcija	3
Opterećenje	4
Rezultati	
Statički proračun	5
Dimenzionisanje (čelik)	7
Dimenzionisanje (drvo)	8

Datoteka: 2 KABLA.twp  
Datum proračuna: 27.4.2012

Način proračuna: 2D model (Xp, Zp, Yr)

- Teorija I-og reda       Modalna analiza       Stabilnost  
 Teorija II-og reda       Seizmički proračun       Ofset greda  
 Faze gradjenja

### Veličina modela

Broj čvorova: 4  
Broj pločastih elemenata: 0  
Broj grednih elemenata: 5  
Broj graničnih elemenata: 6  
Broj osnovnih slučajeva opterećenja: 1  
Broj kombinacija opterećenja: 1

### Jedinice mera

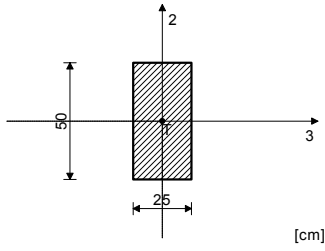
Dužina: m [cm,mm]  
Sila: kN  
Temperatura: Celsius

**Tabela materijala**

No	Naziv materijala	E[kN/m <sup>2</sup> ]	$\mu$	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\alpha$ [1/C]	Em[kN/m <sup>2</sup> ]	$\mu$ m
1	Druri-Drunjët gjethmbajtës-Llamelluar	1.100e+7	0.20	5.00	1.000e-5	1.100e+7	0.20
2	Çeliku	2.100e+8	0.30	78.50	1.000e-5	2.100e+8	0.30

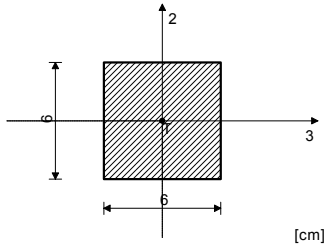
**Setovi greda**

Set: 1 Presek: Pravougaoni



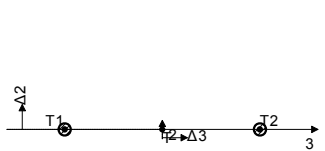
Mat.	P/Z	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1		1.250e-1	1.042e-1	1.042e-1	1.788e-3	6.510e-4	2.604e-3

Set: 2 Presek: Pravougaoni



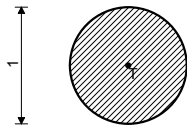
Mat.	P/Z	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2		3.600e-3	3.000e-3	3.000e-3	1.825e-6	1.080e-6	1.080e-6

Set: 4 Presek: Višedelni



Mat.	P/Z	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2		1.571e-4	1.414e-4	1.414e-4	1.963e-9	1.006e-6	9.817e-10

No	Presek	$\Delta$ 3 [cm]	$\Delta$ 2 [cm]	$\alpha$	Mat.
1	Kružni	-8.00	0.00	0.00	2
2	Kružni	8.00	0.00	0.00	2



Kružni

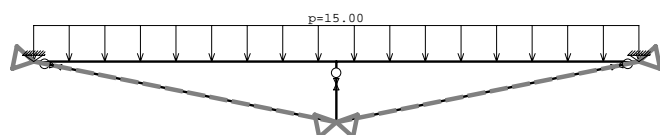
[cm]

**Lista slučajeva opterećenja**

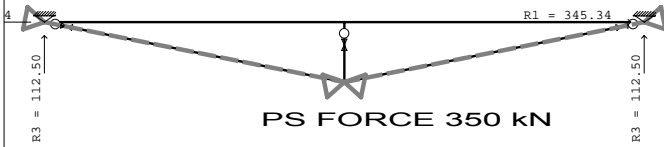
No	Naziv
1	

No	Naziv
2	Kombinacija: k1 (I)

Opt. 1:



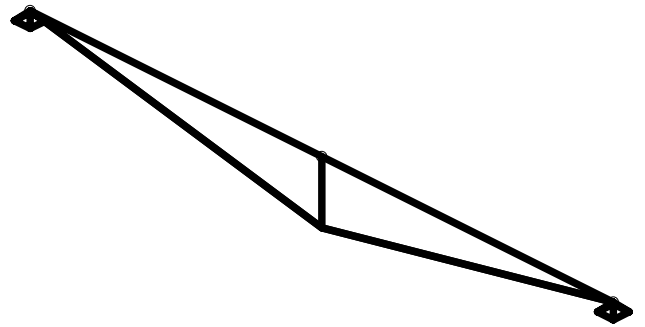
Opt. 1:



Reakcije oslonaca

Opt. 1:

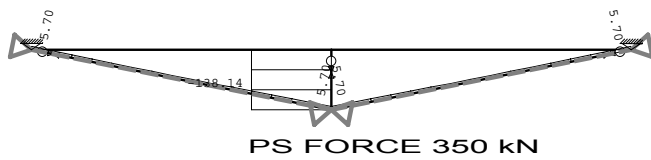
Opt. 1:



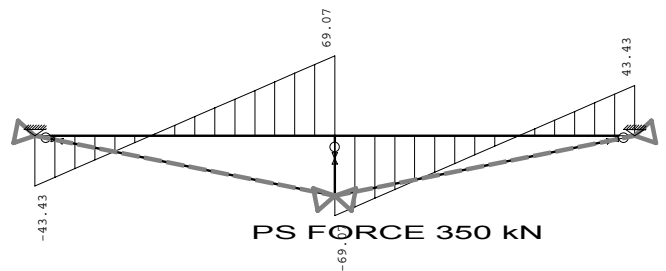
Izometrija

Reakcije oslonaca

Opt. 1:

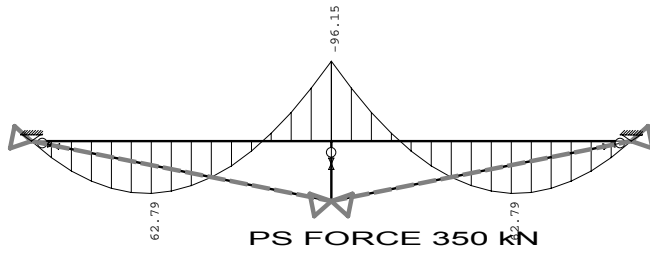


Uticaji u gredu: max N1= 5.70 / min N1= -138.14 kN



Uticaji u gredu: max Q2= 43.43 / min Q2= -69.07 kN

Opt. 1:



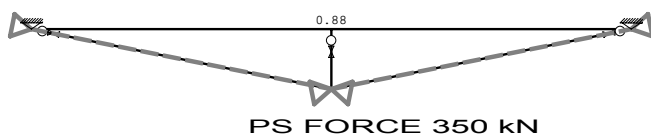
Uticaji u gredi: max M3= 62.79 / min M3= -96.15 kNm

Opt. 1:



Kontrola napona

Opt. 1:



Kontrola stabilnosti



SPECIFICACIONES FOR TOWER 6:  
DOWNLOADED FROM [WWW.RADIMPEX.RS](http://WWW.RADIMPEX.RS)

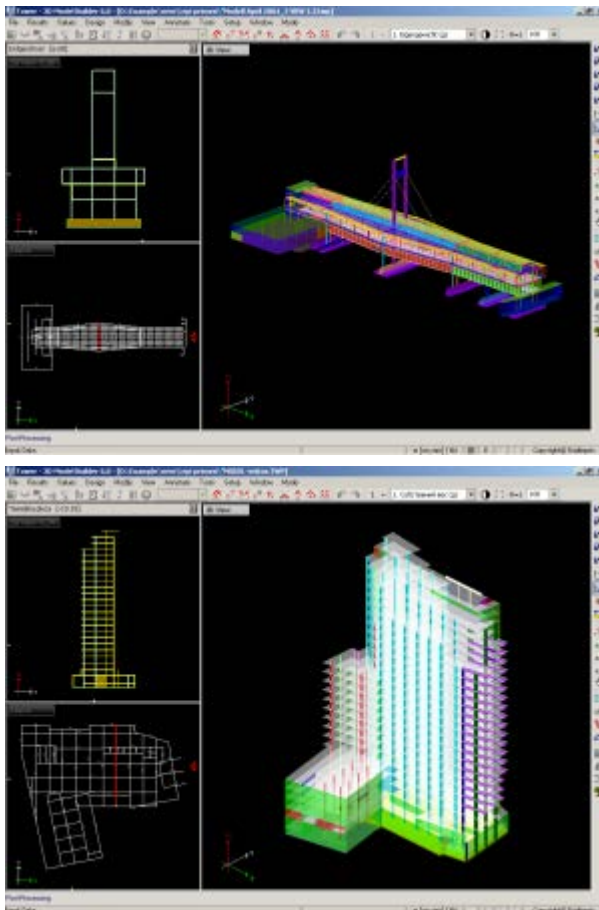
ABOUT THE COMPANY:

Radimpex Software is a company founded in 1989 and since then it is exclusively engaged in software development in the field of civil engineering. In addition to creating new programs the company is also oriented to improving the existing ones, in order to constantly meet the new demands in the field of computer program. Being engaged in this problem a number of years, our programs for structural design became among the best ones in the world. Within the ample reference list of our Users, there are Faculties of Civil Engineering, research institutes as well as numerous respectable companies that have designed and constructed numerous large and important buildings all around the world.

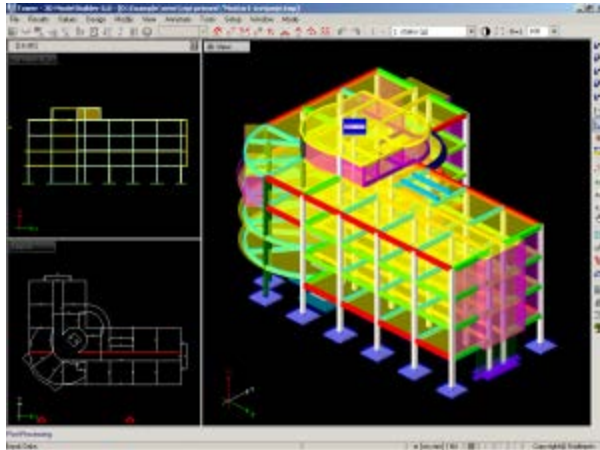
ABOUT THE SOFTWARE:

Tower 6, application for static and dynamic structural analysis, concrete, steel and timber design. Tower 6 is a graphical program for universal analysis of influences in planar and space structures. By providing strong tools that are automated, integrated, all-inclusive and intuitive, this program enables the engineers to increase the speed and quality of designing. Version 6 is a high performance professional tool, based on experience lasting many years and on the latest knowledge and realization of the expert team, engineers and first-class programmers.

Basic capabilities



- Analysis of static influences in accordance with first order and second order theories
- Calculating the structural stability (determining the critical forces and buckling lengths)
- Calculating the natural values (forms and oscillating periods of the structure)
- Generating the seismic load in accordance with various standards (JUS, EC8, SNIP, ...)
- Generating automatically the mesh of finite elements
- Generating automatically the masses in all nodes on the model
- Analysis of influences throughout defined stages of building construction (prefabricated structures, composite structures, etc.)
- Modeling the prefabricated floor structures by orthotropic plates
- Beams and columns with variable cross sections (haunched beams, prismatic columns, laminated wood girders, etc.)
- Modeling the rigid connections in beam nodes (offset beam - diagrams in clear

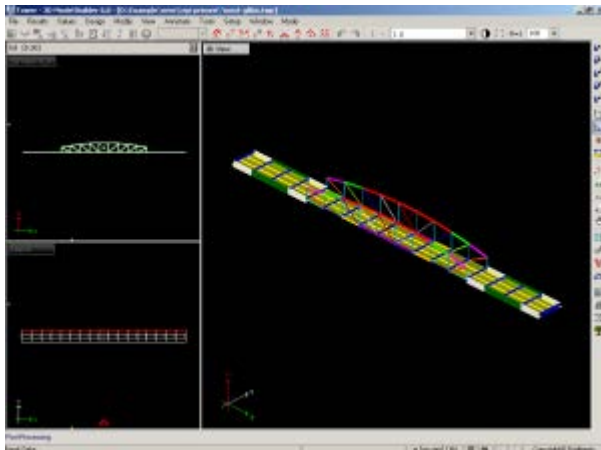


- Assigning the completely arbitrary character and direction of load action
- Analysis of influences due to live load (defining the completely arbitrary pattern and path of live load)

- spans)
- Eccentric positioning of beams and columns (true modeling of girders in plates, columns with abrupt change of cross section, etc.)
- Analysis of influences in prestressed structural members (arbitrary cable geometry and calculating the prestressing force loss)
- Foundations on elastic ground

- Generating automatically the load on rotationally symmetric parts of the model due to various natural phenomena: self-weight, snow, pressure, water, earth, wind
- Calculating due to temperature influences and support displacement
- Automatic dimensioning of reinforced concrete (JUS, EUROCODE, SNIP, ACI, DIN, BS, SIA, etc.) structures.
- Automatic dimensioning of steel structures (JUS, EUROCODE, SIA).
- Automatic dimensioning of timber structures (JUS, EUROCODE).
- Creating easily the high quality design documentation with vignette, textual reports and graphic blocks

**Graphical Interface**



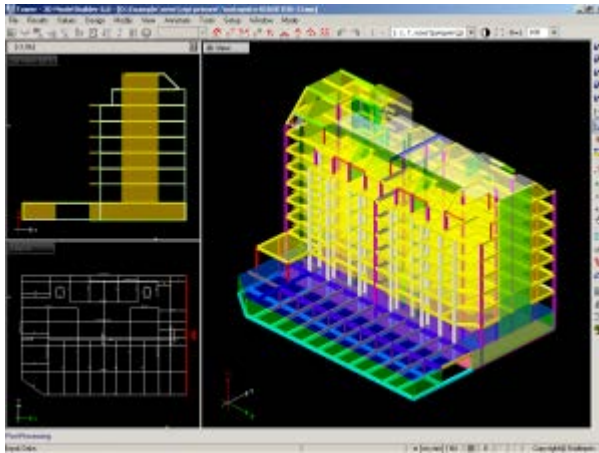
- Defining the arbitrary planes for drawing
- Simultaneous use of planar and space drawing
- Selecting precisely the points in the drawing (dynamic osnap with combined criteria)
- Dynamic zoom and pan. Dynamic rotation of isometric presentation of the model (orbit)
- Manipulating the elements in the drawing

(copying, mirror copying, deleting, rotating, complete undo/redo system of restoring the drawings, etc.)

- Generating automatically the vertical elements of the structure
- Generating automatically the rotationally symmetric bodies (sphere, cone, vault, helix)
- Operating with blocks of drawings (saving and entering the arbitrarily selected parts of the model)
- Grouping the arbitrarily selected parts of the model into wholes and deleting the visibility to other parts of the model (only columns, walls, typical floor structures, web members, main girders, etc. visible)

- Visualization of the model (DirectX render, walking through building with camera)

### Processing the Calculation Results



- Finding quickly the extreme values of influences in the whole model or only in a certain group of elements (extreme values of axial forces in columns only, etc.) maximal bending moments in plates in typical floor, maximal displacements of walls only, etc.)
- Presentation of results, both in the entire space model and in its certain parts (in selected frame, wall, floor structure, foundations, arbitrarily selected view, etc.)
- Presentation of results in surface elements by isolines and diagrams along an arbitrarily assigned intersection line
- Presentation of influences in linear elements by diagrams and color gradients
- Presentation of support reactions with direction and intensity
- Diagrams of stress distribution in composite cross-sections through defined stages of constructing
- Influences in individual parts of composite cross section
- Simultaneous presentation of influences in all columns and walls in one level (insight into distribution of influences due to seismic action on all columns and walls in one floor, redistribution of axial forces due to vertical load onto columns and walls of a given level, etc.)
- Presentation and animation of oscillating forms and deformed model
- Completely automatized dimensioning of reinforced concrete, steel and wood structures (JUS, EUROCOD, SNIP, DIN, etc.)
- Adopting reinforcement in reinforced concrete structures with automatic creating of reinforcement details and export to our program "ArmCad 2005".