



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil en Obras Civiles

"DISEÑO ASISTIDO DE UNIONES ESTRUCTURALES DE
MADERA, CONSTITUIDOS POR CLAVOS Y TORNILLOS,
MEDIANTE LENGUAJE PHP".

Tesis para optar al título de:
Ingeniero Civil en Obras Civiles

Profesor Patrocinante:
Sr. Alejandro Niño Solís
Ingeniero Civil.

PAOLA ALEJANDRA SCHWANER AVILA
VALDIVIA - CHILE
2008

AGRADECIMIENTOS

Es increíble como a pasado el tiempo, y con el tantas cosas, tantas personas, tantos recuerdos que llenan de nostalgia mi paso por la Universidad.....creí que no saldría nunca, cada año se me hacia más y más complicado, a pesar de lo que siempre decían: "pasando los tres primeros años, estas al otro lado".....pero no, no era así, de las ciencias básicas pasamos a los ramos de carrera, los que por supuesto eran mas entretenidos, pero mucho mas desafiantes (por no decir mas difíciles).....y es ahí, donde me es inevitable recordar mecánica de sólidos.....me hizo sufrir tanto, que hasta llegue a pensar en cambiarme de carrera.....uuffff.....pero a la vez me dio otro plus....me hizo darme cuenta que era tan capaz como cualquiera, que solo dependía de mi y de mi esfuerzo.....y así fue.....después de que cada ramo me costara sudor y lagrimas, a fines del 2006 egrese de la carrera, con la sensación de triunfo, que ya todo había terminado.....pero no!!!.... quedaba otra parte.....más relajada, pero no por eso menos engorrosa, en la que solo la motivación personal y el amor propio son los únicos alicientes para trabajar.....y claro esta, que muchas veces dan ganas de dejar todo tirado y ponerse a trabajar.....pero no.....como siempre gracias al incondicional apoyo de mis padres y de mi hermana, saque fuerzas de flaqueza y logre terminar esta tesis, con la cual no pretendo ningún premio Nóbel, solo la satisfacción de haber desarrollado un buen trabajo y que sea de utilidad para otras personas.

Ahora que las líneas se van acabando, se me pasan tantas personas por la cabeza.....tanta gente a quien agradecer, desde compañeros, amigos, profesores, secretarias, funcionarios, auxiliares.....ya sea prestando el cuaderno para fotocopiarlo, explicándome lo inexplicable, ayudándome a conseguir libros, a imprimir el trabajo, a miles de cosas.....hasta la sonrisa amable que me daban a diario.....a todas esas personas que alguna vez me ayudaron y me subieron el animo cuando ya no quería más.....a todos ellos, Muchas gracias!!!!!!

A mi familia, tíos, primos, sobrinos....en especial a mi tía Myrna y Sergio, que siempre me han apoyado, a mi primo Eduardo que fue mi inspiración para estudiar esta carrera (aunque tu no lo sepas primo), por todo el apoyo que siempre me has dado, eres como el hermano mayor que no tuve.....Muchísimas gracias por todo!!!!

Pero sin duda, si a alguien le dedico este titulo, es a mis papás, Cirenaida y Edgardo, y por supuesto a mi hermana Andrea, gracias por el apoyo incondicional que siempre me han entregado, sin eso, nada de esto hubiera sido posible, es por eso que mi amor y mi eterna gratitud son para ustedes.

Muchas gracias por todo.....los quiero mucho.

Pao.

INDICE

CAPITULO I.....	12
1.- Apreciación global: Conceptos generales de los puntos asociados a la madera y sus conexiones.	12
1.1.- Descripciones generales de la norma NCh 1198 Of.2006.....	15
1.1.1.- Factores a considerar en el diseño de uniones.....	15
1.1.1.1.- La densidad de la especie maderera.....	16
1.1.1.2.- Cargas admisibles.....	16
1.1.1.3.- Secciones transversales críticas y tensiones de cizalle.....	16
1.1.1.4.- La dirección de la carga respecto a la fibra de la madera.....	17
1.1.1.5.- Los espaciamientos.....	18
1.1.1.5.1.- Designaciones de espaciamientos.....	18
1.1.1.6.- La excentricidad.....	19
1.1.1.7.- La acción en grupo de los medios de unión.....	20
1.1.1.8.- Los factores de modificación (F.M.).....	20
1.1.2.- Grado Estructural.....	21
1.1.3.- Cargas de Diseño.....	21
1.2.- Tipos de maderas utilizadas en la construcción.....	22
1.2.1.- Tipos de Madera.....	23
1.2.1.1.- Clasificación según su uso.....	23
a. Maderas blandas:	23
b. Maderas duras:	23
1.2.1.2.- Clasificación según su origen.....	23
a. Maderas europeas:	23
b. Maderas frondosas:	23
c. Maderas resinosas:.....	23
d. Maderas tropicales:.....	23
1.2.2.- Formas comerciales.....	24
1.2.3.- Maderas más usadas.....	24
1.2.3.1.- Coigüe.....	24
1.2.3.2.- Eucaliptos.....	24
1.2.3.3.- Mañío.....	24
1.2.3.4.- Oregón Chileno.....	25
1.2.3.5.- Pino insignie.....	25
1.2.3.6.- Raulí.....	25
1.2.3.7.- Avellano.....	26
1.2.3.8.- Roble.....	26

CAPITULO II	27
2.- Uniones de Extracción Directa.....	27
2.1.- Uniones Clavadas en Extracción Directa.	27
2.1.1.- Capacidad admisible de extracción directa.....	27
2.1.2.- Capacidad de Diseño.....	29
2.2.- Uniones Atornilladas en Extracción Directa.....	29
2.2.1.- Capacidad admisible de carga a extracción directa.....	29
2.2.2.- Capacidad de Diseño.....	31
 CAPITULO III.....	32
3.- Uniones de Extracción Lateral.....	32
3.1.- Uniones Clavadas en Extracción Lateral.....	32
3.1.1.- Características de los Clavos.....	32
3.1.2.- Fundamentos Teóricos de la Capacidad de los Clavos en Extracción Lateral.....	32
3.1.3.- Cargas admisible de extracción lateral.	35
3.1.4.- Especificaciones de la NCh 1198 Of.2006.....	41
3.1.4.1.- Cizalle Múltiple.....	41
3.1.4.2.- Espaciamientos mínimos	42
3.1.4.3.- Uniones clavadas con planchas de acero.....	46
3.1.4.4.- Hileras de clavos en elementos traccionados.....	48
3.1.4.5.- Piezas de sección transversal circular.....	48
3.1.4.6.- Protección anticorrosiva.....	48
3.1.5.- Carga de diseño.....	48
3.2.- Uniones atornilladas en extracción lateral.....	48
3.2.1.- Características de los tornillos.	48
3.2.2.- Cargas admisible de extracción lateral.	48
3.2.2.1.- Especificaciones de la NCh 1198 Of.2006.....	49
3.2.3.- Capacidad de Diseño.....	49
 CAPITULO IV	50
4.- Solicitaciones Combinadas.....	50
4.1.- Uniones con Clavos.....	50
4.1.1.- Clavos Lanceros	50
4.2.- Uniones con Tornillos.....	51

CAPITULO V	52
5.- Verificaciones Tensiónales en Uniones	52
5.1.- Sección transversal neta	52
5.1.1.- Paralela a la fibra de la madera	52
5.1.2.- Perpendicular a la fibra de la madera	53
5.1.3.- Fallas de la madera solicitada a tracción según la dirección de la fibra en uniones con medios de unión mecánicos	55
5.1.3.1.- Capacidad de tracción de la sección transversal neta	55
5.1.3.2.- Capacidad de desgarro de una hilera de medios de unión.....	56
5.1.3.3.- Capacidad admisible de desgarro de hileras múltiples.....	56
5.1.3.4.- Capacidad de desgarro de un grupo de hileras de medios de unión.....	57
CAPITULO VI	58
6.- Introducción al lenguaje PHP.....	58
6.1.- Orígenes y tipología del lenguaje	58
6.2.- Usos de PHP.....	59
6.3.- Características de PHP	59
6.3.1.- Ventajas	59
6.3.2.- Desventajas	59
6.4.- CGI y PHP: principales diferencias.....	59
6.5.- Procedimientos.....	60
6.6.- Reseñas sobre la programación.....	60
6.7.- Ejemplos del programa.....	61
6.7.1.- Ejemplo 1: Extracción directa de clavos.....	61
6.7.2.- Ejemplo 2: Cizalle Simple en Clavos con clavado directo.....	63
6.7.3.- Ejemplo 3: Cizalle Doble en Clavos con clavado directo.....	65
6.7.4.- Ejemplo 4: Cizalle Múltiple en Clavos con clavado directo.....	67
6.7.5.- Ejemplo 5: Cizalle Doble en 3 maderos, con clavado directo.....	69
• Ingreso de datos en el programa:.....	70
6.7.6.- Ejemplo 6: Solicitud Combinada en Clavos	71
• Ingreso de datos en el programa:.....	72
6.7.7.- Ejemplo 7: Extracción directa de tornillos	73
6.7.8.- Ejemplo 8: Cizalle Simple en Tornillos con perforación guía.....	75
6.7.9.- Ejemplo 9: Cizalle Doble en Tornillos con perforación guía.....	77
6.7.10.- Ejemplo 10: Cizalle Múltiple en Tornillos con perforación guía.....	79
CONCLUSIONES	81
BIBLIOGRAFÍA	82

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 - Densidad anhidra de algunas maderas crecidas en Chile	16
Tabla 1.2 – Aplicabilidad de los factores de modificación.....	20
Tabla 2.1 – Factores de Modificación por contenido de humedad de la madera KUH, para clavos y tornillos.	
.....	28
Tabla 3.1 – Factores de Ajuste, FA.....	40
Tabla 3.2 - Espaciamientos mínimos de clavos de diámetro, D , en mm en uniones clavadas en extracción lateral.....	42
Tabla 5.1 - Tensiones admisibles y módulo de elasticidad en flexión para madera aserrada, Mpa.....	52
a) Todas las especies, excepto el Pino radiata	52
b) Pino radiata seco: $H = 12\%$	53
Tabla 5.2 - Valores del factor de modificación por concentración de tensiones, Kct	55

INDICE DE FIGURAS

Fig. N° 1 – Esquemas Carga/Deformación para tres medios de unión.	13
Fig. N° 2 – Tipos de solicitud en una unión de madera.	14
Fig. N° 3 – Sección transversal neta de la unión para una pieza con un perno.	17
Fig. N° 4 - Carga inclinada respecto a la fibra de la madera.....	17
Fig. N° 5 – Designación de espaciamientos y bordes.....	19
Fig. N° 6 – Uniones de barras excéntricas.....	19
Fig. N° 7 – Uniones con tornillos.....	30
Fig. N° 8 – Perforaciones guías para tornillos.....	30
Fig. N° 9 – Comportamiento plástico ideal del clavo y la madera, supuestos por la teoría de fluencia.....	33
Fig. N° 10 – Ensayo para obtener el momento de fluencia del clavo (Mp).....	34
Fig. N° 11 – Ensayos para obtener la resistencia de aplastamiento de la madera.	34
Fig. N° 12 – Modos de falla en uniones clavadas de cizalle simple.	35
Fig. N° 13 – Modos de falla en uniones clavadas de cizalle doble.....	36
Fig. N° 14 – Unión clavada de cizalle simple.	36
Fig. N° 15 – Unión clavada de cizalle doble.....	37
Fig. N° 16 – Disposición de clavado.	42
Fig. N° 17 – Espaciamientos en uniones de cizalle simple.	43
Fig. N° 18 – Espaciamientos en uniones de cizalle doble.....	43
Fig. N° 19 – Espaciamientos de clavos traslapados.	44
Fig. N° 20 – Espaciamientos entre clavos en uniones solicitadas a flexión.	45
Fig. N° 21 – Uniones de planchas de acero y madera con clavado sin disposición alternada.....	47
Fig. N° 22 – Forma correcta de colocar un “clavo lancero”.	51
Fig. N° 23 – Unión con pieza solicitada normal a la dirección de la fibra.	55
Fig. N° 24 – Designaciones geométricas.	57

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1.1 – Distribución de la Producción de Madera en trozas en Chile.....	22
Grafico 2.2 - Disponibilidad actual y futura de madera aserrable.....	22

INDICE DE ANEXOS

ANEXOS.....	84
Anexo 1: Factores de modificación (F. M.).....	84
A.1.1.- Factor de modificación por duración de la carga, K_D	84
A.1.2.- Factor de modificación por contenido de humedad de la madera, K_{UH}	84
A.1.3.- Factor de modificación por temperatura, K_{UT}	85
Anexo 2: Clavos (medidas, dimensiones).....	86
A.2.1.- Características de los Clavos.....	87
A.2.2.- Los diferentes vástagos.	87
A.2.3.- Los tipos de “cabezas” más usadas.....	88
Anexo 3: Tornillos (medidas, dimensiones).	90
Anexo 4: Procedimientos para los diversos tipos de extracción.	92
A.4.1.- Extracción Directa.....	92
A.4.2.- Extracción Lateral en cizalle simple.	93
A.4.3.- Extracción Lateral en cizalle doble.....	94
A.4.4.- Extracción Lateral en cizalle múltiple.	109
A.4.5.- Extracción lateral en uniones de 3 piezas de cizalle doble asimétricas para clavos.	117
A.4.6.- Solicitaciones Combinadas.	126
A.4.7.- Datos para las verificaciones	127

INDICE DE TABLAS ANEXOS

Tabla 1 - Anexo 1 - Factores de modificación por temperatura, K_{UT}	85
Tabla 1 - Anexo 2.- Tipos, Designación y dimensiones de clavos, según NCh 1269.	86

INDICE DE FIGURAS ANEXOS

Fig. Nº 1 - Anexo 2 -- Tipos de puntas de Clavos.	88
Fig. Nº 2 – Anexo 2 – Tipos de Vástagos de Clavos.....	88
Fig. Nº 3 – Anexo 2 – Tipos de Cabeza.	89

RESUMEN

En marzo de 1991 se oficializó la norma NCh 1198 “Madera. Construcciones en madera. Cálculo” a modo de uniformar criterios y actualizar la información existente sobre los métodos y procedimientos de diseño de estructuras de madera. Sin embargo, su uso fue poco práctico, debido a la gran cantidad de tablas y fórmulas contenidas en ella, pero sobre todo, por hacer la labor del proyectista difícil y engorrosa, al tener que considerar una gran cantidad de variables.

Es así como en el año 2006 se reestructura esta normativa. Se introducen significativas modificaciones para el cálculo de uniones, haciéndolo más simple que en la versión anterior. Mario Wagner, Ingeniero Civil de la Universidad de Chile, en la presentación de la norma señaló: “La norma ha sido actualizada con nuevos valores de resistencia mecánica de Pino radiata, junto a una simplificación de la metodología de cálculo y formato de presentación. Establece los métodos y procedimientos de diseño estructural que determinan las condiciones mínimas que deben cumplir los elementos y las uniones en las construcciones de madera aserrada, elaborada, laminada-encolada como también en postes de madera”.

Pero a pesar de estas actualizaciones, el diseño de uniones en madera con medios mecánicos de unión sigue siendo un proceso bastante lento. El proceso iterativo se dificulta por la gran variedad de elementos de unión disponibles, cada uno con requerimientos específicos. Todo esto sumado a la gran cantidad de tipos de uniones en madera, crea la necesidad de desarrollar un programa que entregue de manera fácil, rápida y efectiva información detallada sobre el tipo de unión y conexión a utilizar en un proyecto determinado, permitiendo manejar la información y visualizar las distintas soluciones que puede tener el diseño de una unión en particular.

Lo anterior se puede lograr a través de cualquier software de programación, pero para hacerlo masivo y amigable, se ha elegido el “lenguaje PHP”. Este sirve principalmente para dotar de características dinámicas a una página Web, permitiendo diseñar uniones de extracción directa y extracción latera, así como rutinas de verificación para solicitudes combinadas y para tensiones en las piezas.

Como el tema de uniones para madera es muy amplio, en esta memoria sólo se considerarán las uniones proporcionadas por “Clavos y Tornillos”, según NCh 1198 Of.2006.

SUMMARY

In March 1991, the Regulation NCh “Madera. Construcciones en madera. Cálculo” was made official, in order to standardize criteria and bring all the previous information about methods and procedures of wooden structure’s design up to date. However, its use was considered non practical, due to the big amount of mathematical formulas and tables contained. Even more because it made the designer’s job difficult and cumbersome, since he/she had to consider many variables.

Then in 2006, this version was remade and important modifications to wooden joints calculations were introduced, making this new version better than the old one. In the presentation of the new version of the norm, Mario Wagner stated:

“This regulation has been updated including new data of Radiata Pine’s mechanical resistance. It also presents a simplified methodology of calculus and a new display format. It establishes methods and procedures of structural design which determine the minimal conditions that elements and wooden joints must follow in sawnwood, machined wood and slat-glued wood structures, as well as in wooden poles”.

But despite these updates, the design of wooden joints using mechanical means is still a slow process. The iterative process becomes more complicated because of the wide variety of available union elements, each with specific requirements. Besides, the large number of wood union types creates the need to develop a program that delivers details on the type of bond and connection to use in a given project in an easy, quick and effective way, allowing a better information management and a proper visualization of the different solutions for the design of a particular union.

This can be obtained using any programming software, but in order to make it more accessible and user-friendly, “PHP language” has been chosen, which helps a web page to have more dynamic features. Using this software it is possible to design direct and side joints, also routines for checking combined requests and tension on pieces.

As this topic is very extensive, only “Pins and Screws” joints, according to NCh 1198 Of.2006, are going to be considered in this study.

INTRODUCCION

La motivación de realizar este trabajo, surgió de la necesidad de crear una herramienta computacional para el cálculo de uniones en madera con medios mecánicos de unión, que sea fácil en su uso y rápida en su aplicación.

Se podría decir que es, sin duda, una continuación del trabajo desarrollado por Peña y Lillo (Concepción, 1990) y del trabajo desarrollado por Villaseñor (Concepción, 1991), ambos abordaron, como tesis para optar al título de Ingeniero Civil, el diseño de uniones en madera; el primero con la normativa del año 1977, que era una norma de emergencia, bastante antigua e incompleta y que no reflejaba en lo absoluto el avance en el comportamiento de las uniones, generando diseños sobredimensionados al castigar las capacidades admisibles y los espaciamientos mínimos. El segundo, con la normativa del año 1991 regularizo los métodos de diseño, pero su uso fue muy poco práctico, por la gran cantidad de tablas y formulas, pero por sobre todo, por las exigencias que imponía al proyectista, haciéndole considerar una gran cantidad de variables que convierten al diseño en una labor aburrida y poco eficaz.

Es por ello, que se hizo necesario revisar y completar la norma mencionada, surgiendo así la nueva norma NCh 1198 Of.2006 que recoge en 10 capítulos y 20 anexos, la información necesaria para el diseño de estructuras de madera. Con esta nueva norma, surge la iniciativa de actualizar el trabajo desarrollado por Peña y Lillo y Villaseñor, de hacerlo de llegada masiva a los usuarios, sin tener que contar con un programa especial en el computador, ya que el simple hecho de tener Internet será la puerta de acceso a esta herramienta, que solo pretende facilitar, optimizar y ahorrar tiempo y recursos al usuario.

OBJETIVOS

Los objetivos de la Tesis son los siguientes:

Objetivo General:

- Implementar un programa, según la nueva NCh 1198 Of.2006, donde se apliquen los tipos de uniones en la madera estructural, tales como extracción directa, extracción lateral en cizalle simple, extracción lateral en cizalle doble, extracción lateral en cizalle múltiple, extracción lateral en uniones de 3 piezas y solicitudes combinadas, donde se mezcla la extracción directa y la extracción lateral.

Objetivos Específicos:

- Hacer un algoritmo que paso a paso, vaya determinando las uniones necesarias dadas las solicitudes para cada caso en particular.
- Desarrollar un software en el lenguaje PHP, que permita calcular los distintos tipos de uniones que conforman la gran variedad de conectores, y que nos solicite algunos datos influyentes en el cálculo, tras lo cual nos proporcione las tensiones que admitirá dicha unión, para el tipo y configuración indicados.
- Crear una herramienta única en su tipo, fácil de utilizar, tanto en el ingreso de datos como en la entrega de resultados, que permita al proyectista ahorrar tiempo, evitando tediosas iteraciones y evadiendo el ingreso de la gran cantidad de factores a considerar.
- El desarrollo del programa permitirá obtener el diseño para uniones de extracción directa, extracción lateral, solicitudes combinadas y verificación de tensiones.
- Crear una interfaz grafica amigable.

METODOLOGIA

Para desarrollar el diseño de uniones, es necesario adoptar una metodología básica, la cual se señala a continuación:

- a. Seleccionar el medio de unión a utilizar dependiendo de la magnitud de las cargas, características geométricas de los elementos que forman la unión, condiciones de servicio de la estructura, del tipo de madera, de las necesidades de montaje, etc.
- b. Evaluar la carga admisible del elemento de unión seleccionado, utilizando las expresiones analíticas y/o las tablas desarrolladas y entregadas en NCh 1198 Of.2006 para los diversos tipos de extracción y solicitudes.
- c. La capacidad admisible de un medio de unión representa la carga que es capaz de desarrollar en condiciones similares al ensayo en que fue determinada. Si las condiciones específicas bajo las cuales estará trabajando la unión son diferentes a las del ensayo, la capacidad del elemento de unión debe ajustarse mediante el uso de factores de modificación y el valor resultante recibe el nombre de “Capacidad de Diseño” o “Carga de Diseño”. Estos factores de modificación pueden ser de aplicación general o de aplicación particular. Los primeros se aplican a las cargas admisibles, independiente del medio de unión utilizado y los segundos dependen del tipo de elemento de unión considerado. La explicación detallada de cada uno y la forma de calcularlos se entrega en el Anexo 1.
- d. De esta forma se obtiene la capacidad de diseño (P_{dis}) como la carga admisible multiplicada por los factores de modificación correspondientes:

$$P_{dis} = P_{ad} \cdot K_{generales} \cdot K_{particulares} \quad (\text{Ec. 1.1})$$

Conocida la fuerza solicitante en la unión “S”, el número de elementos de unión requeridos se calcula como:

$$n = \frac{S}{P_{dis}} \quad (\text{Ec. 1.2})$$

- e. Con el propósito de evitar fallas por hendimiento y/o cizalle (rajaduras) en la madera, es necesario espaciar los elementos de unión entre sí y de los bordes, para ello se deben considerar separaciones mínimas normales y paralelas a la fibra de la madera. Según NCh 1198 Of.2006, punto 9.1.4, define espaciamiento como la *distancia entre centros de medios de unión adyacentes o entre centros de medios de unión vecinos a un borde y éste*. En el punto 1.1.1.5.1, se detalla completamente la manera de medir y especificar estos espaciamientos.

- f. Los "n" medios de unión se distribuyen en la zona de contacto entre maderos respetando todos los espaciamientos mínimos entre los elementos de unión y los bordes, evitando así, las excentricidades con respecto a los ejes de los maderos. Para ciertos medios de unión, se permiten espaciamientos menores que los mínimos, es en estos casos, en que la capacidad admisible se debe disminuir multiplicándola por un factor de modificación Kpct, el cual será distinto para uniones clavadas y atornilladas, y además dependerá si son uniones en cizalle simple o doble.
- g. Será necesario, verificar la tensión de trabajo en las piezas, considerando en el cálculo la menor sección transversal neta (área real, menos área ocupada por el elemento de unión), de tal manera que sea inferior a la tensión de diseño.

Tensión de Trabajo < Tensión de Diseño.

- h. Además, se deben verificar las tensiones de tracción, compresión y las tensiones de corte cuando corresponda. En uniones excéntricas, los medios de unión se deben disponer, en lo posible, simétricamente con respecto al eje de las piezas, y se debe verificar la combinación de tensiones principales (debido a las solicitudes que transmiten las barras) y secundarias (debido al par que genera la excentricidad) de manera que no se sobrepasen los valores de diseño tanto en las piezas estructurales como en los medios de unión.

CAPITULO I

1.- Apreciación global: Conceptos generales de los puntos asociados a la madera y sus conexiones.

La madera es históricamente uno de los materiales más utilizados por el hombre. El conocimiento sobre la naturaleza de la madera, características y comportamiento, es necesario para establecer y efectuar un buen uso de este material, ya que las características propias de su origen, nos imponen limitaciones dimensionales que obligan el uso de medios de unión para lograr los elementos estructurales, que con otros materiales, como el acero o el hormigón pueden obtenerse en forma homogénea y continua.

Es por ello, que en determinadas ocasiones el desempeño de una estructura de madera no dependerá de las propiedades físicas o mecánicas de esta, sino de la eficiencia con que ellas estén unidas, fallando más fácilmente en las uniones, que en las zonas intermedias.

En este aspecto radica la importancia de que exista información adecuada y estructurada a los actuales requerimientos, ya que permite a los profesionales que intervienen en el diseño, cálculo y ejecución de construcciones en madera, realizar una acertada gestión y correcta utilización del material, con el objeto de cumplir altos estándares de calidad y bienestar, a precios convenientes en el mercado de la vivienda.

Actualmente, en la mayoría de los países desarrollados, su uso como material estructural alcanza a más del 90% de la construcción habitacional de 1 a 4 pisos, además el avance de la tecnología ha permitido desarrollar una gran variedad de medios de unión, tales como: clavos, tornillos, pernos, tirañodos, llaves metálicas, pasadores, anillos, etc. que ostentan ventajas en rapidez y simpleza en la construcción, ahorro económico y seguridad en el cálculo.

Como ya hemos mencionado, en esta memoria se abordaran las uniones como elementos mecánicos de unión, entiéndase como medio de unión de forma cilíndrica de acero, *a todos los elementos que atraviesan perpendicularmente los planos de cizalle de la unión y que quedan solicitados preponderantemente en flexión induciendo sobre la madera tensiones de aplastamiento (NCh 1198 Of.2006)*

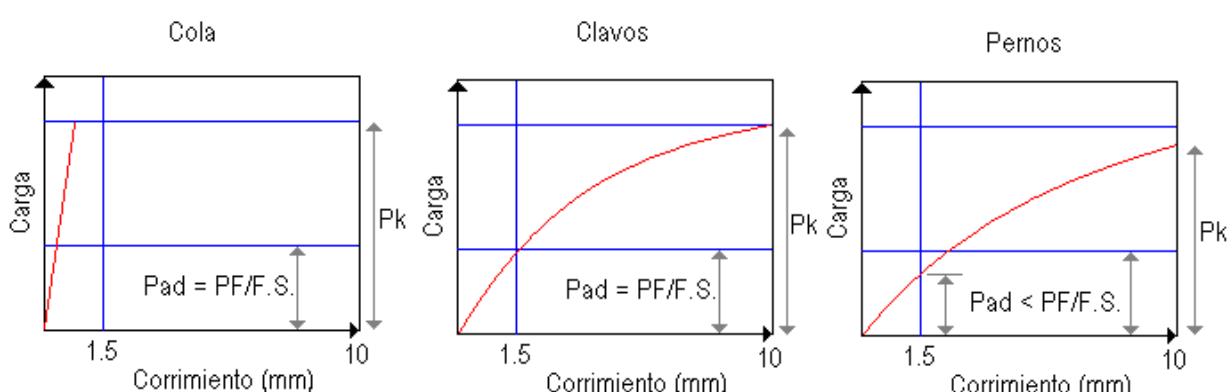
En el diseño de uniones con elementos mecánicos, se debe asegurar la capacidad de resistencia para lograr el traspaso de fuerzas y la rigidez adecuada, de manera que los corrimientos experimentados en la unión, no afecten negativamente la deformación total de la estructura.

El procedimiento matemático de la distribución de esfuerzos en las uniones en madera es un problema enormemente complicado y no ha sido determinado teóricamente. Los variados factores que rigen la carga última en las juntas con diferentes tipos de elementos auxiliares de unión, hacen imposible obtener ecuaciones por cualquier método que no sea el resultado de ensayos y pruebas materiales. Así, la validez de estos resultados, será aplicable sólo a uniones y elementos con características similares a los ensayados y que trabajen en condiciones semejantes a las de las pruebas efectuadas.

Los ensayos que normalmente se realizan para determinar el comportamiento de una unión corresponden a cargas de tracción o compresión axial, aplicadas a una probeta formada por un madero central y dos laterales unidos por el elemento de unión a investigar. De la medición de los corrimientos relativos entre el madero central y los laterales, al ir aumentando gradualmente la carga, se obtiene el diagrama Carga - Corrimiento que permitirá conocer la carga de rotura y la deformabilidad bajo solicitudes de servicio.

La figura N° 1 muestra los esquemas Carga – Corrimiento para tres tipos de medio de unión muy frecuentes: clavos, pernos y adhesivos (cola).

Fig. N° 1 – Esquemas Carga/Deformación para tres medios de unión.



(Fuente: Peña y Lillo, 1990)

La norma NCh 1198 Of.2006 especifica como carga característica (P_k) aquella asociada a un corrimiento máximo aceptado o a la carga de falla si se produce antes de alcanzar el corrimiento especificado, resistida por al menos el 95% de las probetas ensayadas.

La carga admisible (Pad) corresponde a la carga característica dividida por un factor de seguridad. Este factor considera causantes tales como la falla de la mano de obra, la calidad del elemento de unión y el ajuste de la carga máxima a un valor de diseño. La NCh 1198 Of.2006 señala que se debe considerar un factor de ajuste o de seguridad de 2,5 con respecto a la carga característica.

Según 9.4.1 de NCh 1198 Of.2006, “*las capacidades de carga admisible se deben multiplicar por todos los factores de modificación que resulten aplicables en la determinación de las capacidades de carga de diseño de extracción lateral y de extracción directa para cada tipo de medio de unión. La carga efectiva que solicita una unión no podrá exceder la capacidad de carga de diseño de la unión*”.

La mayor o menor flexibilidad de un medio de unión queda determinado por la pendiente de la curva en la zona $P \leq Pad$. El modulo secante para $P = Pad$ se denomina “modulo de corrimiento” y resulta de gran importancia para prever las deformaciones bajo carga de uniones, especialmente en el diseño de elementos compuestos realizados con medios mecánicos de unión (Villaseñor, 1991).

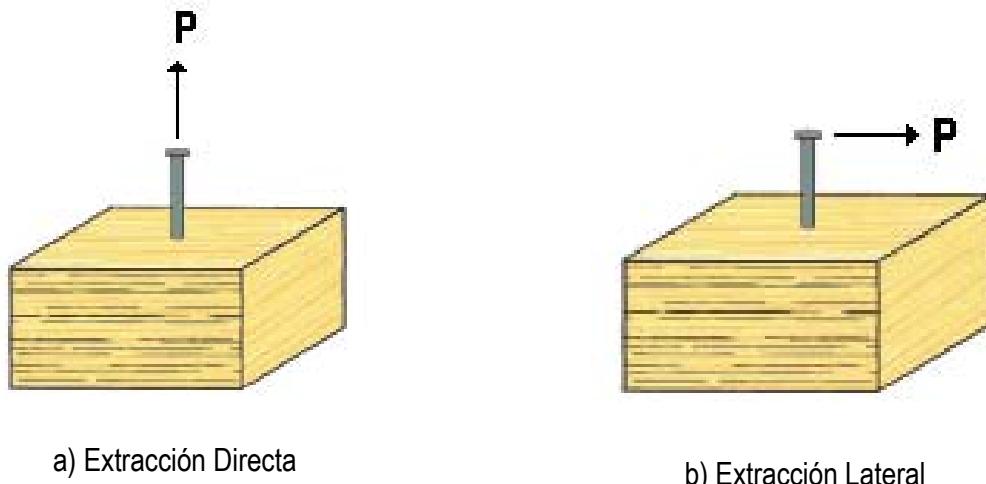
Como regla general, se señala, que a mayor superficie de los elementos de unión, esta es más rígida. Es por ello que las uniones menos deformables son las encoladas, seguidas de conectores, tornillos, clavos y pernos.

La designación de un elemento mecánico de unión, debe ser tal, que exprese lo mejor posible las consideraciones de rigidez adoptadas al modelar la estructura para el análisis.

Los elementos de traspaso de fuerzas en una unión corresponden a un efecto de aplastamiento de la madera en la superficie de contacto con el elemento de unión. Los corrimientos se originan como producto de este aplastamiento, y adicionalmente, en el caso de elementos de unión cilíndricos y esbeltos (pernos, clavos, etc.), por deformaciones que experimentan debido a la flexión que soportan.

Este elemento corresponde al caso en que la carga es aplicada en dirección perpendicular al eje del elemento de unión y se conoce como “**Extracción Lateral**”. Cuando la dirección de la carga coincide con el eje del elemento de unión se denomina “**Extracción Directa**”.

Fig. Nº 2 – Tipos de solicitudación en una unión de madera.



(Fuente: Corma)

1.1.- Descripciones generales de la norma NCh 1198 Of.2006.

Según señaló el ingeniero civil Mario Wagner, en la presentación de la norma, en agosto del 2007:

"La norma ha sido actualizada con nuevos valores de resistencia mecánica de Pino radiata, junto a una simplificación de la metodología de cálculo y formato de presentación. Establece los métodos y procedimientos de diseño estructural que determinan las condiciones mínimas que deben cumplir los elementos y las uniones en las construcciones de madera aserrada, elaborada, laminada-encolada y postes de madera".

Con respecto al tema de uniones, las grandes modificaciones que se realizaron, fueron las siguientes:

Se amplía el espectro de verificación de tensiones en la madera en los extremos de piezas solicitadas en tracción por concepto de la posibilidad de desgarro de hileras individuales o bloques de hileras de medios de unión.

- Se incorpora un criterio de verificación tensional de la madera en uniones que inducen solicitudes con componentes de fuerza orientadas normal a la dirección de la fibra.
- Se incrementan las exigencias de verificación tensional en las uniones que materializan los apoyos extremos de vigas.
- Se introduce el criterio de los modos de fluencia para establecer la capacidad admisible de carga a extracción lateral en uniones con medios de unión mecánicos.
- Se incrementa la capacidad admisible de carga a extracción lateral de clavos lanceros.

1.1.1.- Factores a considerar en el diseño de uniones.

Los factores generales que intervienen en el diseño de uniones, ya sea porque afectan su capacidad y son comunes a todos los elementos de unión cuantificándose en este orden, son los siguientes:

- 1.1.1.1.- La densidad de la especie maderera.
- 1.1.1.2.- Las cargas admisibles.
- 1.1.1.3.- La sección transversal crítica y las tensiones de cizalle.
- 1.1.1.4.- La dirección de la carga respecto a la fibra de la madera.
- 1.1.1.5.- Los espaciamientos.
- 1.1.1.6.- La excentricidad.
- 1.1.1.7.- La acción en grupo de los medios de unión.
- 1.1.1.8.- Los factores de modificación.

1.1.1.1.- La densidad de la especie maderera.

La capacidad de un elemento mecánico de unión varía con el tipo de madera en la cual él se utiliza. Para los efectos de diseño de uniones, las especies madereras se consideran agrupadas, según su densidad anhidrida (ρ_0) en la forma indicada en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 - Densidad anhidra de algunas maderas crecidas en Chile

Grupo	Especie nombre comun	Densidad anhidrida kg/m ³		Nombre botánico de la especie
		Valor medio ρ_a	Valor característico $\rho_{a,k}$ (%)	
A	Alamo	370	357	<i>Populus nigra</i>
B	Alerce	460	385	<i>Fitzroya cupressoides</i>
	Canelo	470	440	<i>Drimis winteri</i>
	Ciprés de la Cordillera	470	393	<i>Astrocedrus chilensis</i>
	Ciprés de la Guaitecas	470	390	<i>Pilgerodendron uviferum</i>
	Pino Radiata	450	370	<i>Pinus radiata</i>
	Pino Oregón	410	326	<i>Pseudotsuga menziesii</i>
C	Araucaria	570	477	<i>Araucaria araucana</i>
	Coigüe de Chiloé	590	505	<i>Nothofagus nitida</i>
	Laurel	510	427	<i>Laurelia sempervirens</i>
	Lenga	540	476	<i>Nothofagus pumilio</i>
	Lingue	596	498	<i>Persea lingue</i>
	Mañío Hojas Punzantes	520	435	<i>Podocarpus nubigenus</i>
	Olivillo	550	460	<i>Aextoxicum punctatum</i>
	Raulí	510	426	<i>Nothofagus alpina</i>
	Tepa	520	442	<i>Laurelia philippiana</i>
D	Algarrobo	740	619	<i>Prosopis chilensis</i>
	Coigüe	650	400	<i>Nothofagus dombeyi</i>
	Coigüe de Magallanes	620	518	<i>Nothofagus betuloides</i>
	Eucalipto	800	543	<i>Eucalyptus globulus</i>
	Roble	630	527	<i>Nothofagus obliqua</i>
	Roble de Maule	680	605	<i>Nothofagus glauca</i>
	Tineo	700	583	<i>Weinmannia trichosperma</i>
	Umo	630	525	<i>Eucryphia cordifolia</i>

(Fuente: NCh 1198 Of.2006)

1.1.1.2.- Cargas admisibles.

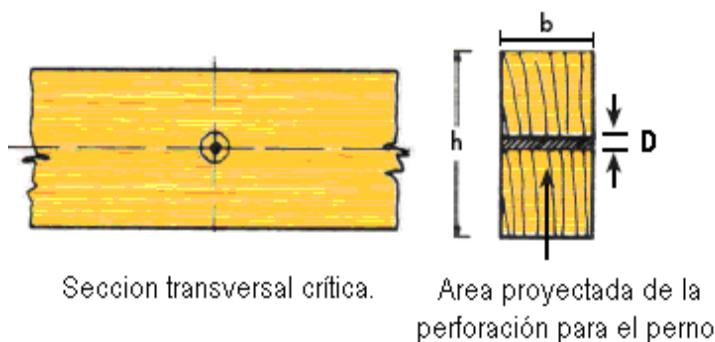
Se refiere a la capacidad de carga de un elemento de unión para una fijación representativa, la que se obtiene de un ensayo normalizado, considerando un factor de ajuste de 2,5 con respecto a la carga característica (carga resistida por al menos el 95% de las probetas ensayadas).

1.1.1.3.- Secciones transversales críticas y tensiones de cizalle.

La sección transversal crítica de una pieza de madera será la sección transversal, perpendicular al eje longitudinal de la pieza, que presenta las tensiones de trabajo máximas, calculadas éstas con la sección transversal neta.

Se deben realizar cálculos para determinar si el diseño en la colocación de las fijaciones está correcto, dependiendo de la situación que se esté enfrentado.

Fig. N° 3 – Sección transversal neta de la unión para una pieza con un perno.



(Fuente: Corma)

Sección transversal crítica (STC):

$$STC = h \times b$$

Sección transversal neta (STN) está dada por:

$$STN = (h \times b) - (D \times b)$$

El detalle de estos cálculos y casos que se deben analizar, están descritos en la norma NCh 1198 Of.2006.

1.1.1.4.- La dirección de la carga respecto a la fibra de la madera.

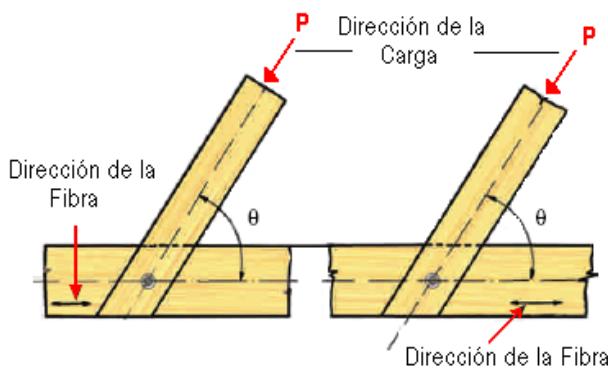
El ángulo formado por las direcciones de las cargas y de la fibra es un factor que, para algunos tipos de elemento de unión, incide sobre la determinación de las cargas de diseño, obteniéndose valores mayores en la dirección paralela a la fibra de la madera. El ángulo de inclinación (θ) es el comprendido por la dirección de la fuerza con que el medio de unión actúa sobre la pieza y la fibra de esa pieza, la que puede suponerse coincidente con su eje axial.

Para ciertas fijaciones, el ángulo formado por la dirección de las cargas y de las fibras, incide en la determinación de las cargas de diseño.

$\Theta = 0^\circ$ carga paralela a la fibra de la madera

$\Theta = 90^\circ$ carga normal a la fibra de la madera

Fig. N° 4 - Carga inclinada respecto a la fibra de la madera.



(Fuente: Corma)

1.1.1.5.- Los espaciamientos.

Se entiende por espaciamiento a la distancia que debe existir entre centros de elementos de fijación o desde un centro de una fijación a un borde vecino, de tal forma que cada uno de ellos resista el esfuerzo para lo que fue calculado. Puede ser medida en dirección paralela o perpendicular a la fibra.

Con respecto a los bordes se distinguen: borde cargado, S_{bc} y borde descargado, S_{bd} . El borde cargado es el borde de la pieza que se encuentra afectado por la acción de la fuerza que transmite el elemento de unión o por alguna de las componentes de esta fuerza, de forma paralela o normal a la dirección de la fibra. Borde descargado es el borde de la pieza que no se encuentra afectado por la acción de la fuerza, o sea, la carga inducida por el elemento de unión actúa alejándose de dicho borde.

1.1.1.5.1.- Designaciones de espaciamientos.

Espaciamiento mínimo entre medios de unión medido en dirección paralela a la fibra de la pieza: S_p

Espaciamiento mínimo entre medios de unión medido en dirección normal a la fibra de la pieza: S_n

Espaciamiento mínimo entre un medio de unión y un borde cargado medido en dirección paralela a la fibra de la pieza: S_{bc}

Espaciamiento mínimo entre un medio de unión y un borde cargado medido en dirección normal a la fibra de una pieza: S_{bcn}

Espaciamiento mínimo entre un medio de unión y un borde descargado medido en dirección paralela a la fibra de la pieza: S_{bd}

Espaciamiento mínimo entre un medio de unión y un borde descargado medido en dirección normal a la fibra de la pieza: S_{bdn}

Con estos antecedentes se pueden definir los espaciamientos que se muestran en la Figura N° 5, tanto para la pieza solicitante como para la solicitada, entendiéndose como:

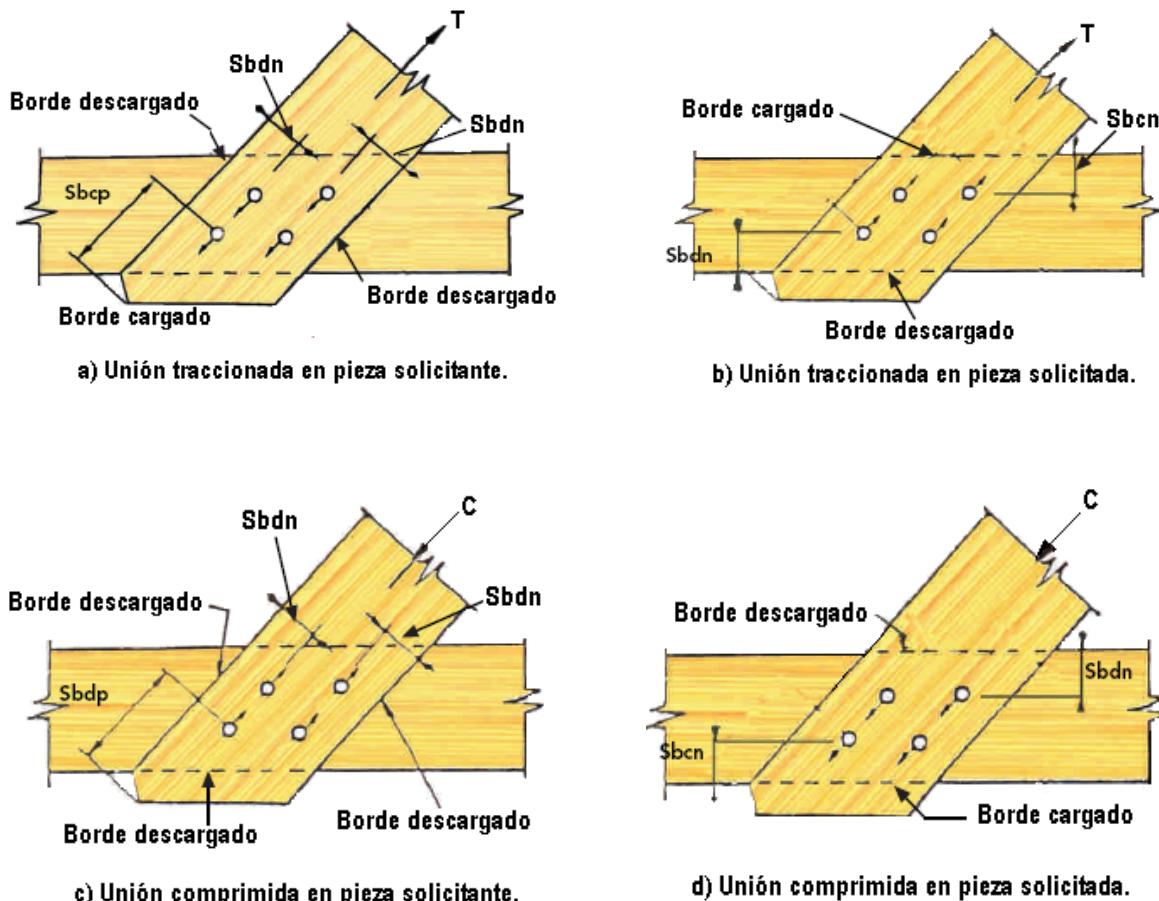
- Pieza solicitante:**

Pieza cuyo eje tiende a coincidir con la dirección de la fuerza a traspasar en la unión o como define la NCh 1198 Of.2006, pieza constituyente de una unión que presenta la menor desviación entre la dirección de la fuerza traspasada y la dirección de la fibra.

- Pieza solicitada:**

Pieza cuyo eje tiende a diferir con la dirección de la fuerza a traspasar en la unión o como define la NCh 1198 Of.2006, pieza constituyente de una unión que presenta la mayor desviación entre la fuerza traspasada y la dirección de la fibra.

Fig. N° 5 – Designación de espaciamientos y bordes.

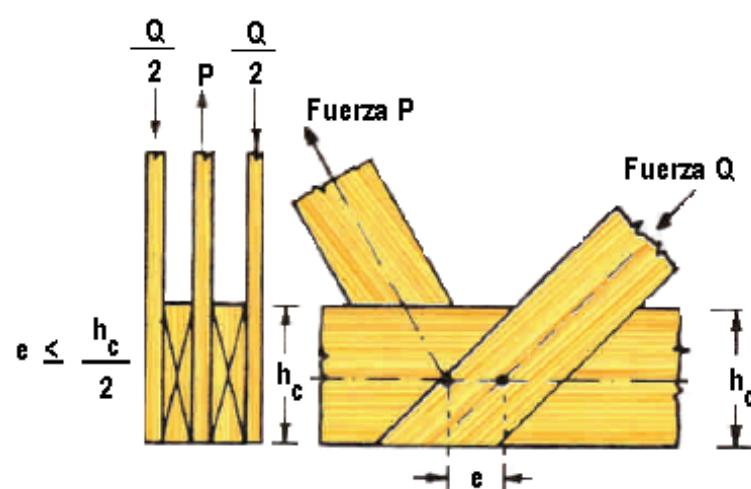


(Fuente: Corma)

1.1.1.6.- La excentricidad.

Las uniones deben conformarse, en lo posible, de modo que los ejes de las barras sean concéntricos. En uniones y empalmes, los elementos de unión se deben disponer simétricamente con respecto al eje de la pieza.

Fig. N° 6 – Uniones de barras excéntricas.



(Fuente: Corma)

En estas uniones excéntricas, se debe verificar:

- Tensión principal, solicitud que transmite el elemento de unión.
- Tensión secundaria, debido al momento generado por la excentricidad, la que no debe sobrepasar los valores de diseño.

1.1.1.7.- La acción en grupo de los medios de unión.

La disposición más habitual de los elementos de unión es aquella formada por una hilera, la que consiste en dos o más elementos del mismo tipo y tamaño alineados en la dirección de la carga, solicitado a cizalle simple o múltiple.

Al colocar dos o más elementos de fijación de igual tamaño alineados en la dirección de la carga, hay que considerar que la carga de transferencia no queda distribuida de forma homogénea entre todas las fijaciones. Las fijaciones ubicadas en los extremos tienden a recargarse con una mayor proporción de la solicitud que las fijaciones intermedias. Por lo tanto, a medida que se incrementa el número de elementos de unión el efecto aumenta de tal forma que llega un instante en que se torna perjudicial agregar un elemento adicional, ya que disminuye la eficiencia de conexión.

1.1.1.8.- Los factores de modificación (F.M.).

Las capacidades de carga admisible se deben multiplicar por todos los factores de modificación que resulten aplicables en la determinación de las capacidades de carga de diseño de extracción lateral y de extracción directa para cada tipo de medio de unión. La carga efectiva que solicita una unión no podrá exceder la capacidad de carga de diseño de la unión. Los factores de modificación están relacionados con:

K_D = por duración de carga.

K_{UH} = por contenido de humedad.

K_{UT} = por temperatura.

La Tabla 1.2, señala la aplicabilidad de estos factores de modificación a los diferentes tipos de medios de unión. La descripción detallada y la forma de calcularlos se entregan en el Anexo 1.

Tabla 1.2 – Aplicabilidad de los factores de modificación.

Tipos de elementos de unión	Factor de Modificación.				
	K_D	K_{UH}	K_{UT}	K_Q	K_S
Clavos	SI	SI	SI	SI	SI
Tornillos	SI	SI	SI	SI	SI

(Fuente: Villaseñor, 1991)

1.1.2.- Grado Estructural.

Solo ocasionalmente la madera se presenta libre de defectos. A fin de agrupar las piezas de madera con características estructurales semejantes, se establece en la NCh 1198 Of.2006 la metodología a seguir y el tipo de defecto que se debe considerar. Entre estos se puede mencionar: agujeros o nudos sueltos, acebolladura, bolsillos de resina, nudos en grupo, manchas, aristas faltantes, etc.

Por medio de los criterios expuestos en dicha norma, la madera se puede clasificar en cuatro grados estructurales, representados por la razón de resistencia, que corresponde a la razón entre la resistencia de un elemento estructural y la resistencia que tendría si estuviera totalmente libre de defectos.

El grado estructural no tiene mucha influencia en la capacidad de las uniones, por lo que las cargas admisibles que entrega la NCh 1198 Of.2006 para los distintos elementos de unión, en una determinada especie, son aplicables sobre todos los grados estructurales de dicha especie. Sin embargo es importante al momento de verificar las tensiones en las piezas, ya que influye en la determinación de las tensiones admisibles.

1.1.3.- Cargas de Diseño.

Los valores de las cargas de diseño se calculan mediante el producto de la carga admisible, por los factores de modificación, de la siguiente forma:

$$P_{dis} = P_{adm} \cdot (F.M.) \quad (\text{Ec. 1.3})$$

En la mayoría de los casos son aplicables solo algunos de los factores de modificación señalados en 1.1.1.7 y, en ocasiones, es necesario agregar factores particulares.

1.2.- Tipos de maderas utilizadas en la construcción.

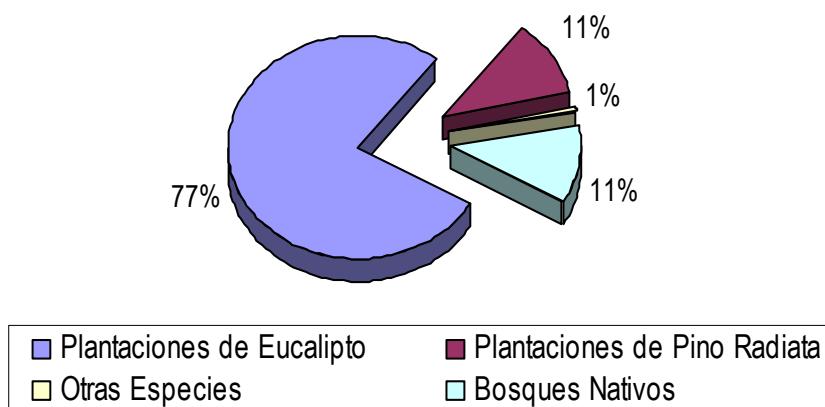
En Chile el bosque que se da en forma natural, lo hace en zonas templadas y frías, a diferencia de otros lugares en el mundo, donde predominan selvas lluviosas tropicales

Sin embargo, en Chile se han ido introduciendo variadas especies forestales, entre las cuales destacan los cultivos de Pino radiata y eucalipto. Estas especies fueron trasladadas desde Estados Unidos y Australia, respectivamente, y en la actualidad constituyen la base del desarrollo forestal nacional.

El Pino radiata ocupa un 9% de la superficie total de bosques en Chile.

Por otra parte, en el país se producen 21,5 millones de metros cúbicos de madera en trozos. El Pino radiata constituye la principal especie utilizada, con 77% del total producido.

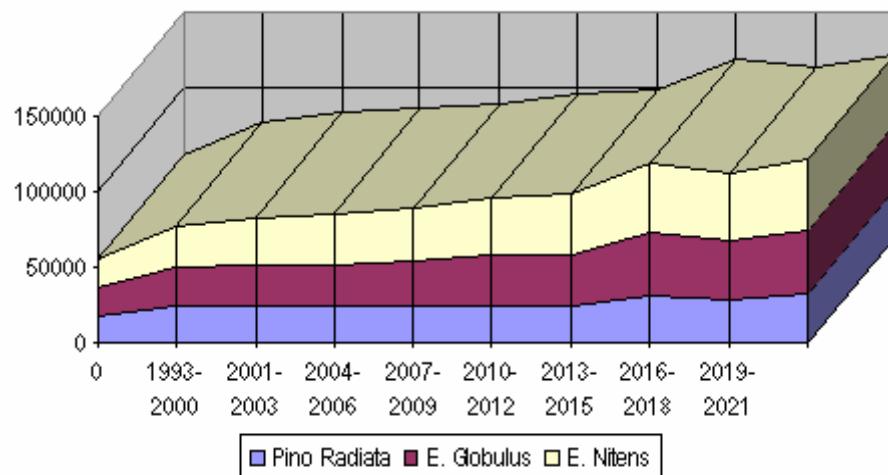
Grafico 1.1 – Distribución de la Producción de Madera en trozas en Chile.



(Fuente: INFOR).

En la actualidad, existen casi 20 millones de m³ de madera aserrable de Pino radiata. La proyección de este recurso es duplicar su disponibilidad en los próximos 25 años. Esto permite proyectar que el principal recurso que se utilizará en el futuro para aplicaciones en la construcción, es la madera proveniente de plantaciones de Pino radiata.

Grafico 2.2 - Disponibilidad actual y futura de madera aserrable.



(Fuente: INFOR).

1.2.1.- Tipos de Madera.

La madera es un recurso muy versátil, porque los distintos tipos difieren considerablemente en cuanto a su color, densidad y dureza.

La primera clasificación que se establece distingue entre madera maciza y aglomerados. En el primer caso, las piezas proceden directamente de madera natural de troncos de árbol. En el caso de las tablas o tableros de aglomerado o contrachapados, la madera tiene que pasar previamente por un proceso industrial, ya que se elaboran con serrines, colas y celulosa.

1.2.1.1.- Clasificación según su uso.

- a. **Maderas blandas:** las más ligeras, baratas y las más habituales en la mayoría de muebles y estructuras. Los árboles de crecimiento rápido, perennes y coníferas suelen componer el grueso de las variedades blandas: pino, ciprés, abeto, cedro. La referencia blanda no equivale siempre a madera menos resistente; algunas pueden serlo y otras no tanto. En realidad, nos referimos a que se trabajan mejor, son más dúctiles y, por eso, pueden ser más fáciles de usar.
- b. **Maderas duras:** son más caras y generalmente más resistentes (son muy frecuentes para revestir suelos). Trabajarlas en bricolaje es más complicado porque son menos lisas y tienen más irregularidades, sin embargo, darles forma con máquina suele ser más sencillo.

1.2.1.2.- Clasificación según su origen.

- a. **Maderas europeas:** con esta denominación se hace referencia a las procedentes del hemisferio norte o de zonas templadas, generalmente del continente europeo. El hecho de que sean más comunes en determinadas latitudes no significa que sean más económicas. En esta división, encontramos otras dos clasificaciones dependiendo del árbol del que se origina la madera.
- b. **Maderas frondosas:** son las más habituales para la fabricación de muebles, ebanistería y revestimientos de madera. El roble es una de las más nobles del grupo, aunque en esta tipología también encontramos maderas como haya, fresno, nogal, olmo, cerezo o encina.
- c. **Maderas resinosas:** son de las más utilizadas, sobre todo en construcción y carpintería. La mayoría pertenecen a la subdivisión de maderas blandas. El pino, el abeto o el cedro son algunos representantes de las resinosas. El pino es, por ejemplo, una variedad fundamental para la industria maderera.
- d. **Maderas tropicales:** son las maderas exóticas, todas de procedencia muy diversa. Su origen lo encontramos en zonas tropicales de América, África y Asia. Cada día están más de moda porque ofrecen colores nuevos y ambientes exóticos a la decoración del hogar. En otros casos, su excepcional resistencia las hace únicas para ciertos usos: es el caso de la teca, frecuente en el mobiliario de jardín. Asimismo, se eligen por el toque cálido y original que ofrecen a los hogares: el wengué o el iroko son ya muy frecuentes en revestimientos y mobiliario. Por su parte, el ébano y la caoba son, por excelencia, las maderas tropicales más conocidas y apreciadas.

1.2.2.- Formas comerciales.

Como es un material muy utilizado, la madera, puede encontrarse en gran variedad de formas comerciales:

- Tableros macizos: Pueden estar formados por una o varias piezas rectangulares encoladas por sus cantos.
- Chapas y láminas: Formadas por planchas rectangulares de poco espesor.
- Listones y tableros: Que son prismas rectos, de sección cuadrado o rectangular, y gran longitud.
- Molduras o perfiles: Obtenidos a partir de listones a los que se les da una determinada sección.
- Redondos: Que son cilindros de maderas generalmente muy largos.
- Tableros contrachapados: Son piezas planas y finas que pueden trabajarse bien con herramientas manuales, como la segueta. Están formados por láminas superpuestas perpendiculares entre sí.

1.2.3.- Maderas más usadas.

1.2.3.1.- Coigüe.

Distribución: Crece desde la zona de Valdivia, por la cordillera de la Costa, hasta el Canal Messier.

Hábitat: Es de suelos muy húmedos, poco profundos, e incluso pantanosos. Especie bastante común en Chiloé insular y continental, y en las islas Guaitecas.

Descripción: Llega a medir de 30 a 40 m. de altura, con un tronco de hasta 4 m. y posee un follaje perenne, o sea mantiene constante un follaje verde.

Madera: La madera es de color blanco amarillento, es de buena calidad para la construcción, carpintería, puertas, closet, muebles en general, entre otros.

1.2.3.2.- Eucaliptos.

Descripción: Se trata de una especie de crecimiento rápido, se emplea frecuentemente en la reforestación. Crece en distintos suelos y es muy bueno para reforestar suelos pobres y erosionados.

Hábitat: Es nativo de Australia, del sur de Victoria y de la Isla de Tasmania. En la actualidad esta especie se encuentra distribuida en Chile desde la IV región hasta la X es la especie exótica más plantada en Chile.

Descripción: El Eucalipto alcanza alturas de hasta 40 m.

Madera: Es de color marrón cremoso, con distintos matices desde la albura, cremoso y rojizo. Es extremadamente firme, resistente y flexible, se clasifica como una madera pesada

1.2.3.3.- Mañío.

Descripción: En Chile existen 3 especies de Mañío, (Mañío de hojas punzantes, Mañío de hojas largas y Mañío de hoja corta), que son muy difíciles de diferenciar a simple vista.

Hábitat: El Mañío de hojas punzantes crece entre la Provincia de Cautín (IX región), hasta el Golfo de Penas (XII región). Está presente en ambas cordilleras, pero más frecuente en la Cordillera de la Costa. En Chiloé alcanza su mejor abundancia. Es un árbol endémico de los bosques sub-antárticos.

Descripción: Alcanza de 25 a 30 m. de altura y crece bien en terrenos húmedos y pantanosos. Aparece rápidamente en los terrenos despejados por la explotación.

Madera: Es de color amarillo, desde la albura hasta la médula, es una madera fácil de trabajar, cepillar y encolar, tiene un color amarillo con tonalidad rojiza y marrón.

1.2.3.4.- Oregón Chileno.

Distribución: Es nativo de Norteamérica y crece desde Canadá hasta México. En Chile existen muchas plantaciones en el sur.

Hábitat: Crece muy bien en los suelos profundos bien drenados y ricos en sustancias orgánicas.

Descripción: Esta especie puede alcanzar normalmente entre los 60 y los 70 m. de altura.

Madera: Es de color marrón con un tinte de color rojizo. Es una madera liviana, es fácil de cepillar, encolar y trabajar, se usa en pisos, vigas revestimientos, en puertas, ventanas, muebles, en pequeños detalles de terminaciones, entre otros.

1.2.3.5.- Pino insignie.

Distribución: Esta especie es originaria de los Estados Unidos, de la zona de California y la península de Monterrey.

Hábitat: Esta es la especie exótica más plantada en Chile, se puede ubicar en cualquier tipo de suelo. Pero mayoritariamente se lo encuentra entre la VII y la VIII regiones del país

Descripción: Puede alcanzar los 30 a 50 m. de altura, esta es una especie de crecimiento rápido y es muy utilizado para reforestar zonas muy explotadas.

Madera: Es color marrón claro o amarillento con líneas del mismo color pero con matiz más oscuro. Es una madera liviana y blanda, fácil de trabajar, encolar y cepillar.

1.2.3.6.- Raulí.

Distribución: Se lo puede ubicar en la Cordillera de los Andes, desde el sur del Río Teno, a más de 500 m sobre el nivel del mar; y en la Cordillera de la Costa, desde el Río Itata. Su límite boreal es la zona de Valdivia pero también se han encontrado algunos ejemplares en dicha zona.

Hábitat: El Raulí crece en las zonas de la cordillera de baja temperatura. Requiere de suelos bien drenados. Suelo formar bosques puros pero a veces se encuentran otras especies como son el Roble y el Coigüe.

Descripción: Puede alcanzar hasta los 40 m. de altura y su tronco puede alcanzar hasta los dos metros de diámetro.

Madera: Su madera es de color rojizo marrón en la albura y hacia el centro se va oscureciendo, adquiriendo un tono rojo a castaño. Está clasificada dentro de las maderas livianas, ella es elástica, muy fácil de trabajar, cepillar y de encolar.

1.2.3.7.- Avellano.

Distribución: El avellano (gevuina avellano) es de origen europeo y fue introducido en Chile en el siglo XIX.

Hábitat: Crece desde Valparaíso hasta las Islas Guaitecas en el sur.

Descripción: Es un árbol de entre 3 y 20 m. de altura, con tronco de unos 50 cm. de diámetro, que puede crecer recto o ramificado desde el suelo.

Madera: La madera es de hermosa veta, firme, liviana y elástica. Además de la madera para construcción y artesanías.

1.2.3.8.- Roble.

Distribución: Género que abarca unas doscientas especies, distribuidas por Europa, Asia occidental, Norteamérica y Sudamérica. Se le conoce también como Pellín y Hualle en el caso de las especies jóvenes.

Hábitat: Abunda en las zonas comprendidas desde el valle central de Chile hasta Puerto Montt.

Descripción: Posee un color café rojizo opaco, con los anillos de crecimiento poco visibles. Cuando está recién cortada puede adquirir tintes castaños a verdosos como resultado de oxidaciones superficiales.

Madera: Su madera es pesada y de gran durabilidad.

CAPITULO II

2.- Uniones de Extracción Directa.

Se entiende por uniones de extracción directa, aquellas en las que la solicitud actúa axialmente respecto al eje del elemento de unión. La pieza que es atravesada por el elemento de unión, se denomina pieza lateral y la que recibe su punta se conoce como pieza principal.

Este tipo de solicitudes aparece cada vez que se necesita "colgar" algún elemento de la estructura. También es un componente de solicitud que se ejerce sobre los clavos lanceros.

La resistencia a la extracción directa está relacionada con la adherencia entre la madera y el elemento de unión. En el caso de clavos de vástago liso, esta adherencia solo depende del roce que es posible desarrollar entre el clavo y la madera por lo que su capacidad de trabajo a la extracción directa es mucho menor que la del elementos que poseen hilos o roscas.

La NCh 1198 Of.2006 establece como elementos aceptados para soportar carga de extracción directa a los tornillos y tira fondos, y señala que: "*los clavos colocados con su eje paralelo a las fibras de la madera y solicitados en extracción directa no deben ser considerados en el cálculo estructural*".

2.1.- Uniones Clavadas en Extracción Directa.

Se aplica sobre uniones clavadas en construcciones de madera que emplean clavos fabricados según NCh 1269 (Anexo 2), además se permite el uso de clavos especiales (diferentes a los tipos especificados en NCh 1269) si la aptitud y resistencia de éstos se puede comprobar por medio de un certificado de ensayo emitido por una institución oficial de ensayo de resistencia de materiales.

2.1.1.- Capacidad admisible de extracción directa.

Los estudios han demostrado que los principales factores que determinan la capacidad de extracción directa en uniones clavadas son:

- Densidad de la madera.
- Dirección de la penetración respecto a la dirección de la fibra.
- Profundidad de penetración en la pieza principal.
- Diámetro del clavo.
- Contenido de humedad de la madera.

El diseño estructural debe evitar el uso de clavos solicitados por fuerzas orientadas según la dirección del eje del clavo. Cuando esto no sea posible, se deben aplicar las disposiciones que se indican en a.) y b.).

Si se cumple que:

- a) Los clavos son colocados con su eje perpendicular a las fibras de la madera;
- b) La madera está verde y se mantendrá en ese estado, o la madera está seca y no alterará su contenido de humedad mientras dure la unión, entonces la carga admisible de extracción directa se obtendrá de la expresión:

$$P_{ed,ad} = 9 \cdot \rho_{0,k}^{\frac{5}{2}} \cdot D^{\frac{3}{2}} \cdot p \cdot 10^{-3} [kN] \quad (\text{Ec. 2.1})$$

En que:

$P_{ed,ad}$: Carga admisible de extracción directa, en kN;

$\rho_{0,k}$: Densidad anhidra característica calculada con el percentil del 5% de exclusión, en g/cm3, Tabla 1.1.

D: Diámetro del clavo, en mm;

p: Penetración del clavo en la pieza de madera que recibe la punta de él, en mm.

Y además se debe cumplir que:

Las condiciones de humedad de la madera corresponden a las indicadas en Tabla 2.1, la capacidad de carga admisible al arranque de clavos colocados con su eje perpendicular a la fibra de la madera calculada según a.) debe ser modificada por el factor KUH establecido en dicha tabla.

Tabla 2.1 – Factores de Modificación por contenido de humedad de la madera KUH, para clavos y tornillos.

Medio de Unión	Condición de la Madera (1)		Factor de Modificación
	Durante la fabricación	En servicio	KUH
Extracción Directa			
Tornillos	Cualquiera	$\leq 19\%$	1,00
	Cualquiera	$> 19\%$	0,70
Clavos	$\leq 19\%$	$\leq 19\%$	1,00
	$> 19\%$	$\leq 19\%$	0,25
	$\leq 19\%$	$> 19\%$	0,25
	$> 19\%$	$> 19\%$	1,00
	Extracción Lateral		
Clavos	$\leq 19\%$	$\leq 19\%$	1,00
	$> 19\%$	$\leq 19\%$	0,40 (1)
	Cualquiera	$> 19\%$	0,70

(Fuente: NCh 1198 Of.2006).

(1) $KUH = 0,7$ para medios de unión con diámetro, D, menor que 6,3 mm.

$KUH = 1,0$ para uniones consistentes de:

- un único medio de unión, o
- dos o más medios de unión dispuestos en una única hilera paralela a la dirección de la fibra, o
- medios de unión dispuestos en dos o más hileras paralelas a la fibra, con cubrejuntas individuales para cada hilera

"Los clavos colocados con su eje paralelo a las fibras de la madera y solicitados en extracción directa no deben ser considerados en el cálculo estructural". (NCh 1198 Of.2006).

La carga admisible de extracción directa para un clavo colocado como clavo lancero, para cualquier contenido de humedad de la madera, será igual al 65% de los valores que se calculan con la expresión de a.), para igual penetración del clavo en el madero que recibe su punta.

2.1.2.- Capacidad de Diseño.

La carga de diseño en extracción directa de un clavo colocado con su eje normal a la fibra de la madera, corresponderá a la calculada con la Ec. 2.1, multiplicada por los siguientes factores de modificación:

$$P_{ed,dis} = P_{ed,ad} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT} \quad (\text{Ec.2.2})$$

Donde:

K_{UH} = por contenido de humedad.

K_D = por duración de carga.

K_{UT} = por temperatura.

2.2.- Uniones Atornilladas en Extracción Directa.

Las especificaciones de esta norma son aplicables sobre tornillos según ANSI B, 18.6.1 con un diámetro nominal, D, de al menos 4 mm, cuyas características se indican en Anexo 3.

2.2.1.- Capacidad admisible de carga a extracción directa.

La capacidad admisible de carga a extracción directa de un tornillo, al igual como sucede con los clavos, depende de la densidad de la madera, de la penetración de la zona roscada, del diámetro nominal del tornillo y del contenido de humedad. La expresión para calcularla es:

$$P_{ed,ad} = 3 \cdot p_r \cdot D \cdot 10^{-3} [\text{kN}] \quad (\text{Ec. 2.3})$$

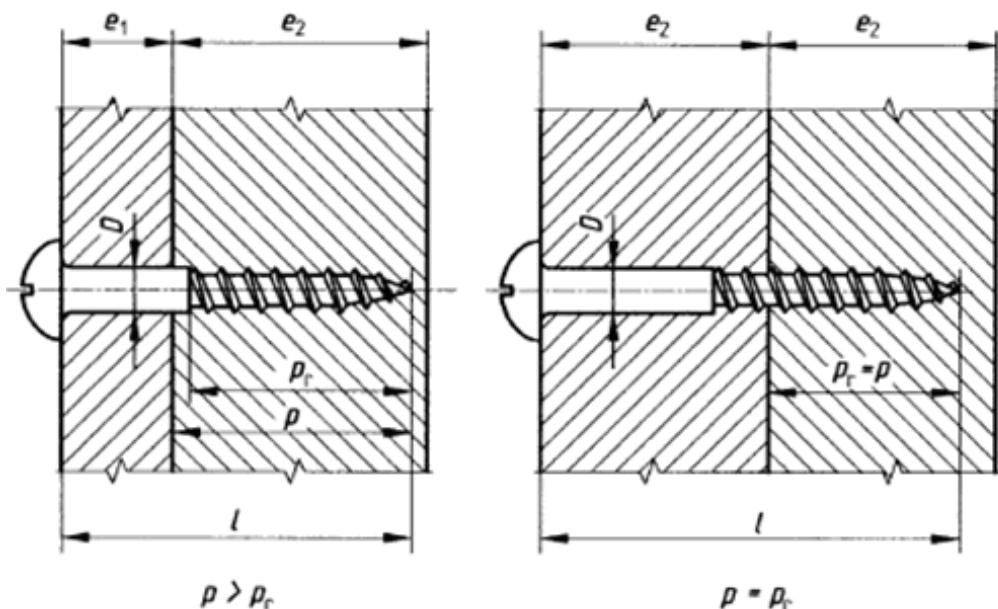
En que:

$P_{ed,ad}$: Capacidad admisible de carga de un tornillo en extracción directa, en kN;

p_r : Penetración de atornillado de la zona roscada en la pieza principal, en mm.

D : Diámetro nominal del tornillo, en mm.

Fig. Nº 7 – Uniones con tornillos.



(Fuente: NCh 1198 Of.2006).

D : Diámetro nominal del tornillo. p_r : Penetración de atornillado de la zona roscada del

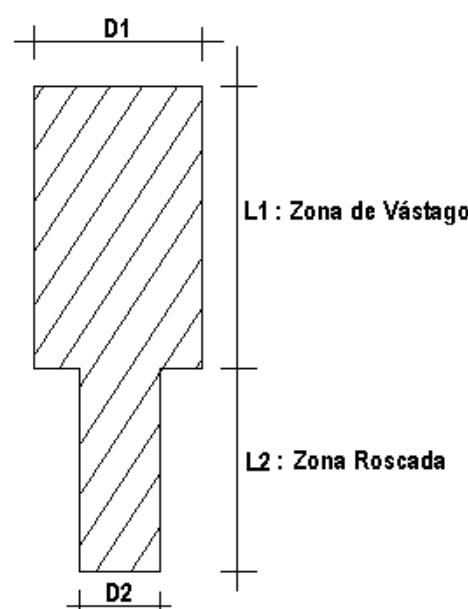
l : Largo del tornillo. tornillo en el madero que recibe la punta del tornillo.

p : Penetración de atornillado. e_1 : Espesor del madero atravesado por el tornillo.

e_2 : Espesor del madero que recibe la punta del tornillo.

Para desarrollar totalmente su capacidad, los tornillos deben colocarse en perforaciones practicadas previamente con un diámetro igual a D hasta una profundidad igual a la longitud del vástago y con un diámetro de $0.7 \cdot D$, hasta una profundidad igual al largo de la zona roscada.

Fig. Nº 8 – Perforaciones guías para tornillos.



(Fuente: Villaseñor, 1991).

Esta carga se aplica a madera seca en servicio, independientemente del contenido de humedad de la madera durante la construcción. Para otras condiciones, aplicar el factor de modificación por contenido de humedad, ver Tabla 2.1.

En la fijación de tableros de fibra y de partículas en piezas de madera se debe respetar que:

- El espesor del tablero sea mayor o igual que 12 mm.
- Para espesores menores, debido al riesgo de punzonamiento, la capacidad admisible a extracción directa se limita a 0,150 kN.

2.2.2.- Capacidad de Diseño.

La carga de diseño de un tornillo en extracción directa, corresponderá a la carga admisible calculada con la Ec. 2.3, multiplicada por los siguientes factores de modificación:

$$P_{ed,dis} = P_{ed,ad} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Donde:

K_{UH} = por contenido de humedad.

K_D = por duración de carga.

K_{UT} = por temperatura.

CAPITULO III

3.- Uniones de Extracción Lateral.

Entiéndase por extracción lateral aquellas en las que la solicitación actúa perpendicularmente al eje del elemento de unión sometiéndolo a esfuerzos de cizalle en su sección transversal. Es el tipo de solicitud más común, y en la práctica, el diseño de estas uniones se resuelve con el uso de cualquier medio de unión.

La mayor o menor eficiencia de la solución dependerá de la influencia relativa que tienen los siguientes factores en la determinación de la capacidad admisible de cada medio de unión; geometría de la unión, espesores de las piezas, magnitud de las cargas y su dirección con respecto a las fibras de la madera, limitaciones de deformaciones o corrimientos, etc.

Cuando las solicitudes en una unión son relativamente pequeñas, generalmente se recurre al uso de clavos, elementos de fácil colocación y costo reducido. Sin embargo, si las cargas son grandes será necesario recurrir a tornillos, tirañones, pernos o conectores, elementos que involucran una mayor complejidad de colocación, costos más altos, y una metodología de cálculo más engorrosa.

La resistencia a extracción lateral está íntimamente ligada con la resistencia al aplastamiento de la madera y, en la mayoría de los casos, con la capacidad de flexión del medio de unión.

En este capítulo, se explicara brevemente el comportamiento de cada medio de unión solicitado en extracción lateral y se detallarán las expresiones indicadas en NCh 1198 Of.2006 para determinar su capacidad admisible, así como las especificaciones adicionales que deben cumplirse para obtener un buen diseño.

3.1.- Uniones Clavadas en Extracción Lateral.

3.1.1.- Características de los Clavos.

Los clavos que la norma especifica para las uniones clavadas solicitadas en extracción lateral, son los mismos que se usan en extracción directa. Estos son los clavos comunes fabricados según NCh 1269, cuyas dimensiones se entregan en el Anexo 2.

3.1.2.- Fundamentos Teóricos de la Capacidad de los Clavos en Extracción Lateral.

Pese a ser el clavo el elemento de unión tradicionalmente más utilizado en todo el mundo, el estudio de su comportamiento, ya sea con el fin de racionalizar y uniformar los criterios de diseño, es relativamente nuevo. Los primeros ensayos realizados en EE.UU., datan de 1917. Desde 1950 se han desarrollado diversas investigaciones y aun en los últimos años cada país tiene métodos propios de ensayo debido a las distintas prácticas constructivas, debido a los diferentes clavos y las distintas especies madereras.

Se han usado varias teorías para explicar el comportamiento de las uniones clavadas. El resultado de ello es una gran variación en el diseño de las uniones, mayor que la que podría justificarse a través de los diferentes métodos de ensayo.

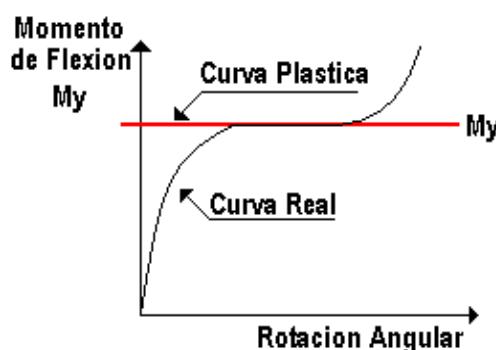
Como una forma de uniformar los criterios de diseño, usando acuerdos internacionales, y a la luz de los buenos resultados experimentales obtenidos, se ha adoptado últimamente el empleo de la teoría de fluencia como el criterio básico para estudiar el comportamiento de las uniones clavadas.

En Chile, en 1989, la división de Industrias del Instituto Forestal, a cargo del Ingeniero Civil Sr. Vicente Pérez G. realizó un estudio para comprobar si la teoría de fluencia y las fórmulas de diseño desarrolladas por Whale y Smith (investigadores ingleses, 1986) eran aplicables a especies madereras crecidas en Chile y a los clavos que se usan en el país, todo esto para confirmar o rectificar las especificaciones que se habían incluido en el cuerpo normativo NCh 1198 que en ese momento se encontraba sujeto a revisión.

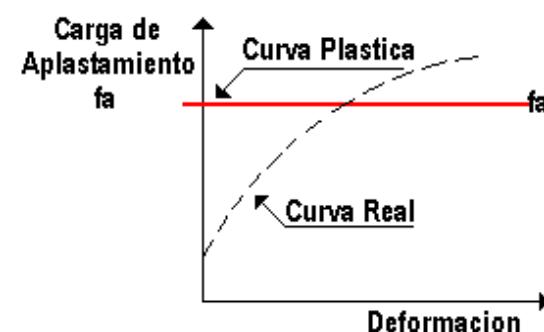
Las hipótesis en que se basa la Teoría de Fluencia son las siguientes:

- Los clavos trabajan como vigas.
- La relación carga-deformación del clavo, y el aplastamiento de la madera son, idealmente plásticas, tal como se muestra en la Fig. N° 9.

Fig. N° 9 – Comportamiento plástico ideal del clavo y la madera, supuestos por la teoría de fluencia.



a) Fluencia del Metal (clavo)

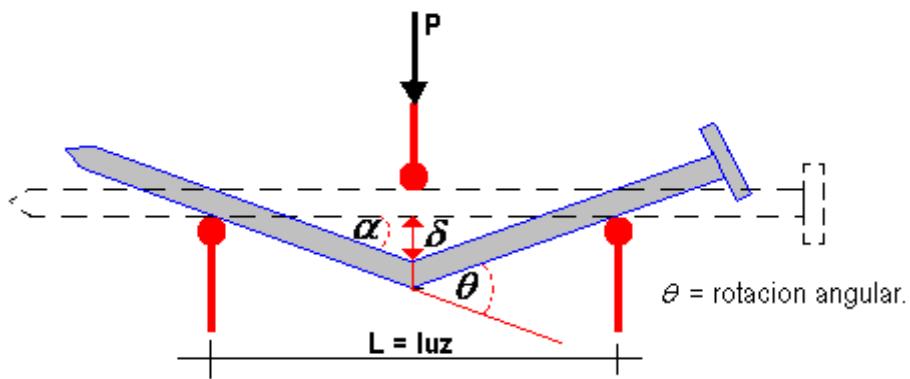


b) Aplastamiento de la Madera.

(Fuente: *Diseño Estructural, Hidalgo y Riddell, marzo 2002*).

La rigidez a la flexión del clavo se caracteriza por su momento plástico (M_p) definido como el momento máximo que puede soportar un clavo trabajando como viga sobre dos apoyos, solicitados con una carga puntual centrada, ver Fig. N° 10.

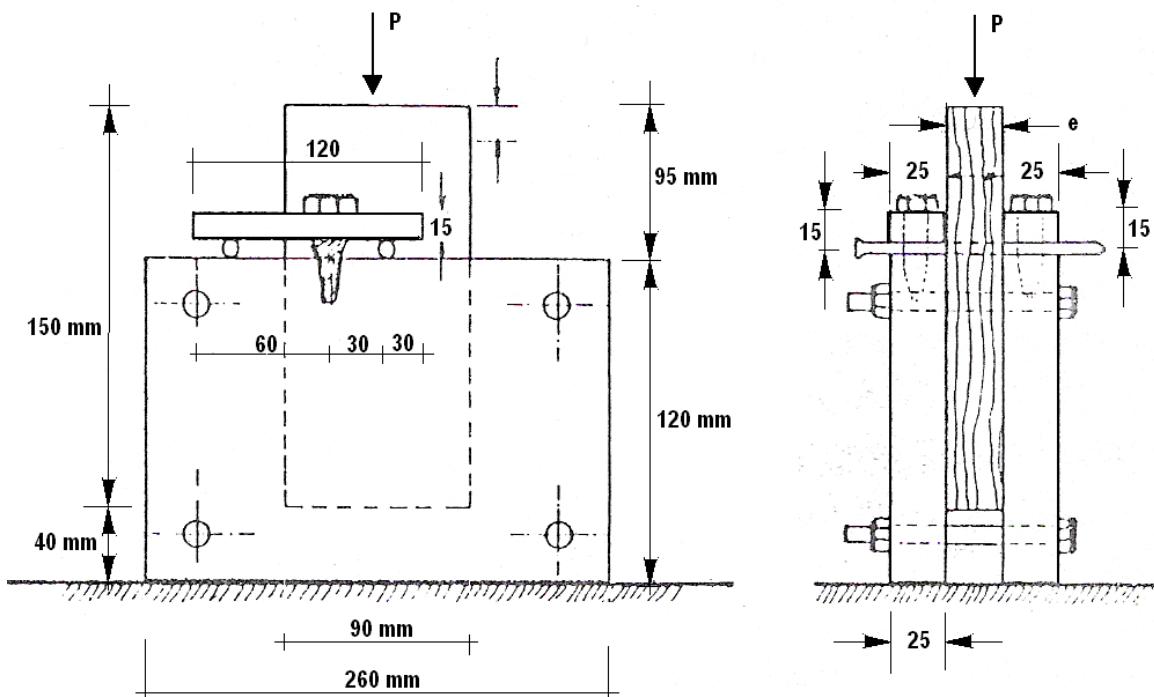
Fig. N° 10 – Ensayo para obtener el momento de fluencia del clavo (Mp).



(Fuente: Sistema de unión y ensamble de materiales).

La resistencia al aplastamiento de la madera (f_a), que define su nivel de fluencia al considerarla como material idealmente plástico, se determina como la tensión necesaria para provocar un hundimiento de 2.1mm en la madera, si la máxima aun no se ha alcanzado, según la disposición de carga que se detalla en la Fig. N° 11.

Fig. N° 11 – Ensayos para obtener la resistencia de aplastamiento de la madera.

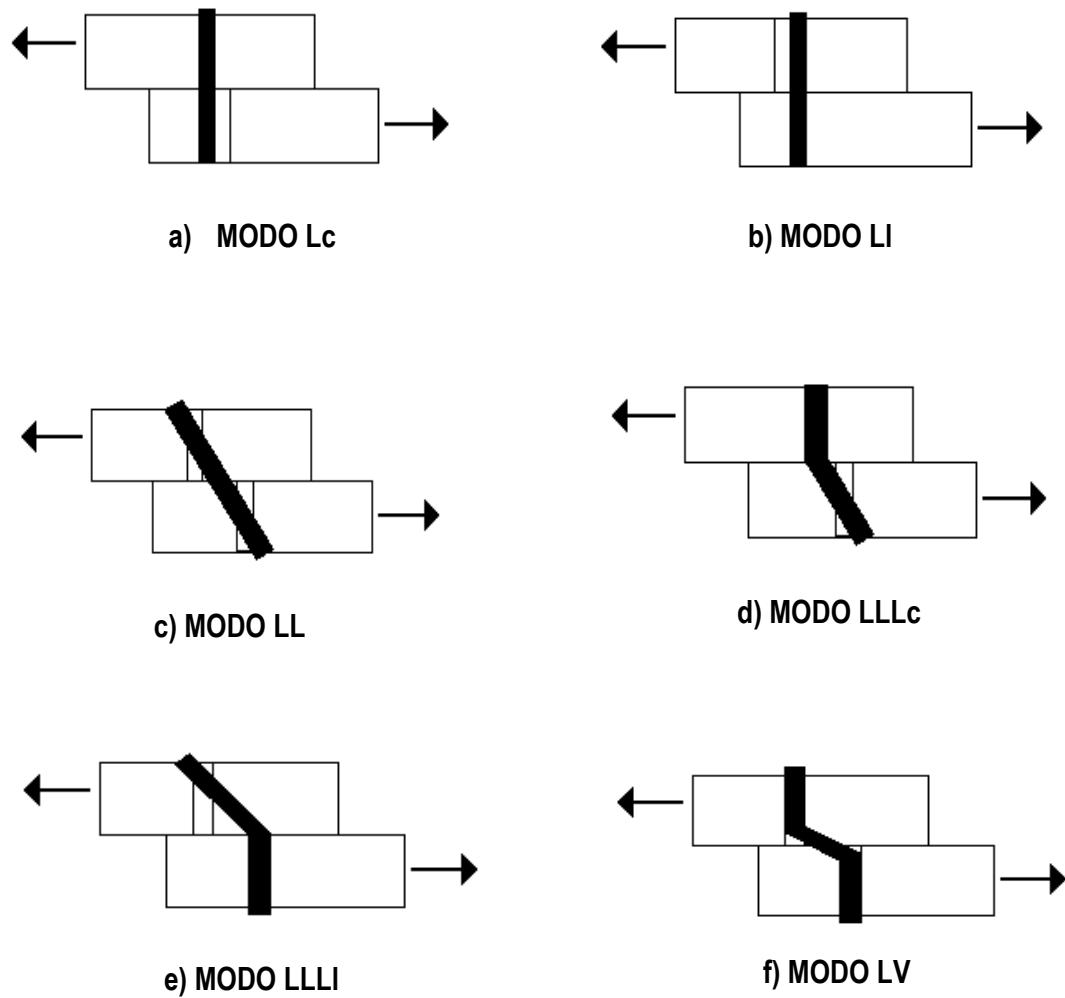


(Fuente: Villaseñor, 1991).

3.1.3.- Cargas admisible de extracción lateral.

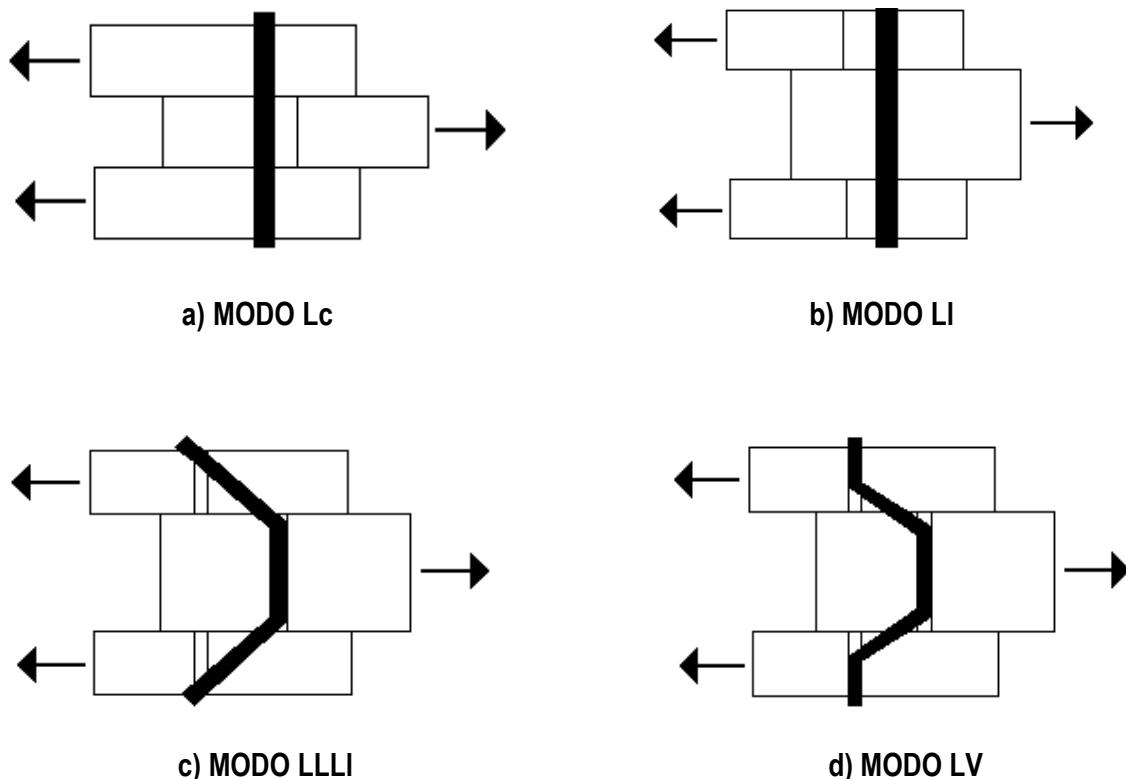
Los distintos medios de falla que se pueden presentar, tanto en uniones de cizalle simple como de cizalle doble, se esquematizan en las Fig. N° 12 y N° 13. La presencia de uno u otro modo de falla depende de los espesores (e_1) y (e_2) de las piezas que se unen, de la resistencia de aplastamiento (f_α) y del momento plástico del clavo (M_p).

Fig. N° 12 – Modos de falla en uniones clavadas de cizalle simple.



(Fuente: NCh 1198 Of.2006).

Fig. N° 13 – Modos de falla en uniones clavadas de cizalle doble.

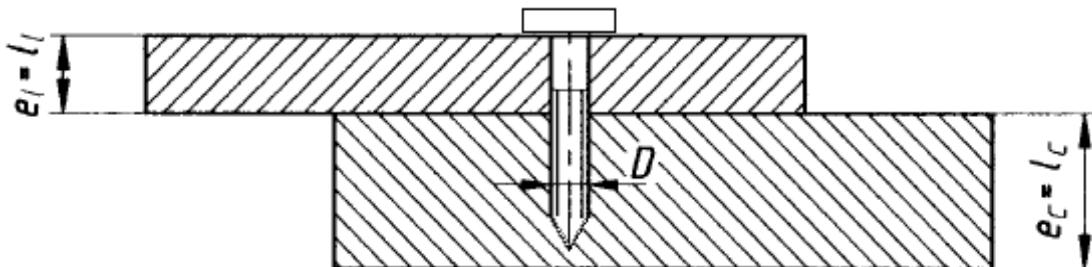


(Fuente: NCh 1198 Of.2006).

La teoría de fluencia permite determinar la capacidad máxima de la unión en cada modo de falla, así como las combinaciones de espesores que definen los límites entre ellos.

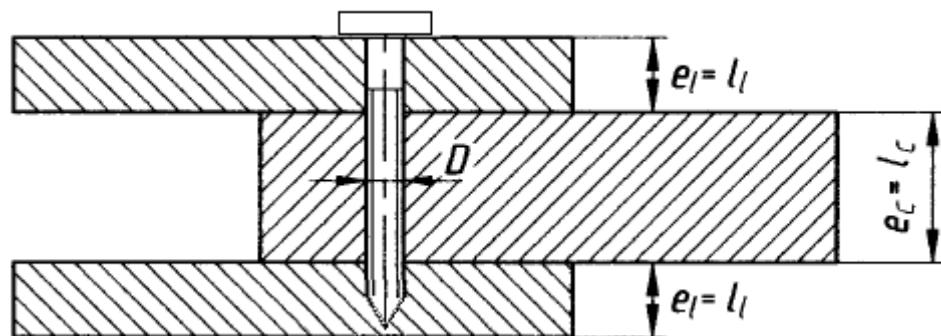
La capacidad admisible de carga de un medio de unión de tipo cilíndrico en una unión de cizalle simple o cizalle doble (Fig. 14 y 15), según los esquemas de fluencia de las Fig. 12 y 13, corresponde al menor valor $P_{el,ad}$ (Carga admisible en extracción lateral) resultante de las expresiones de los modos de fluencia.

Fig. N° 14 – Unión clavada de cizalle simple.



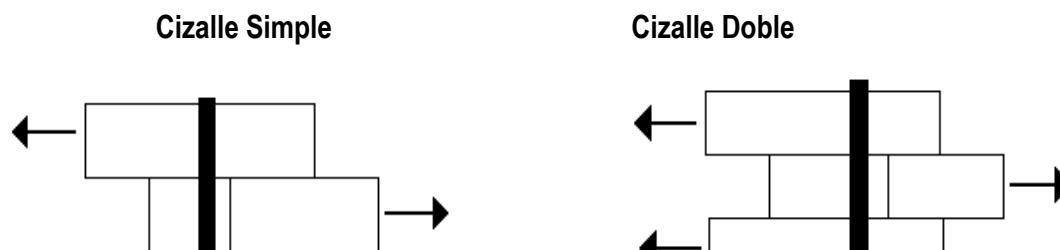
(Fuente: NCh 1198 Of.2006).

Fig. N° 15 – Unión clavada de cizalle doble.



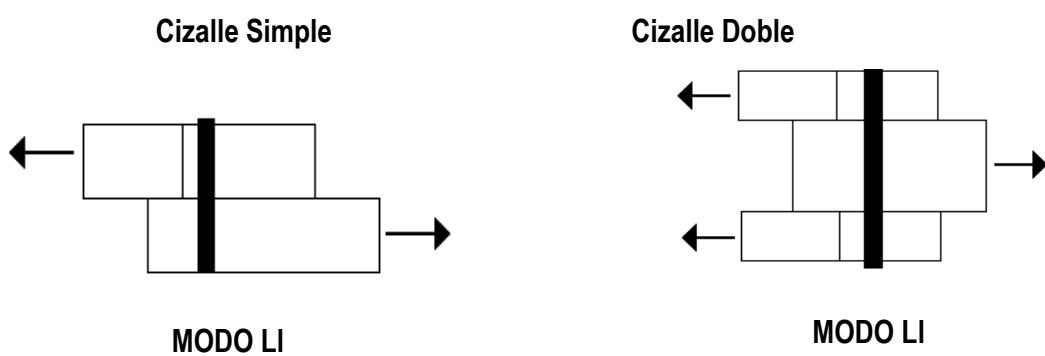
(Fuente: NCh 1198 Of.2006).

Para cada modo, existe un modelo de fluencia para medios de unión solicitados en extracción lateral:



$$P_{el,ad} = \frac{D \cdot L_c \cdot R_{ap,c}}{FA} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

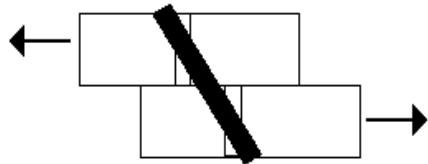
$$P_{el,ad} = \frac{D \cdot L_c \cdot R_{ap,c}}{FA} \quad (\text{Ec. 3.2})$$



$$P_{el,ad} = \frac{D \cdot L_l \cdot R_{ap,l}}{FA} \quad (\text{Ec. 3.3})$$

$$P_{el,ad} = \frac{2 \cdot D \cdot L_l \cdot R_{ap,l}}{2 \cdot K_\alpha} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Cizalle Simple



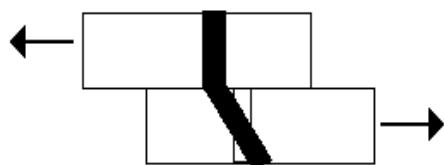
MODO LL

$$P_{el,ad} = \frac{k_1 \cdot D \cdot L_l \cdot R_{ap,l}}{FA} \quad (\text{Ec. 3.5})$$

Cizalle Doble

Para Cizalle doble
no existe.

Cizalle Simple



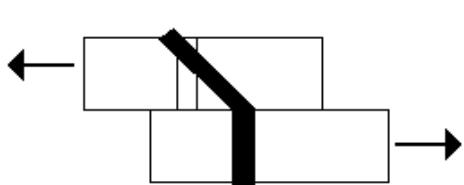
Cizalle Doble

Para Cizalle doble
no existe.

MODO LLLc

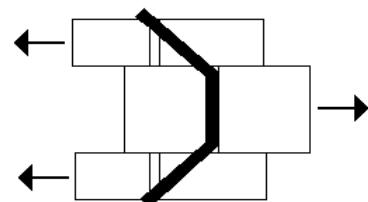
$$P_{el,ad} = \frac{k_2 \cdot D \cdot L_c \cdot R_{ap,c}}{(1 + 2 \cdot R_e) \cdot FA} \quad (\text{Ec. 3.6})$$

Cizalle Simple



MODO LLLI

Cizalle Doble

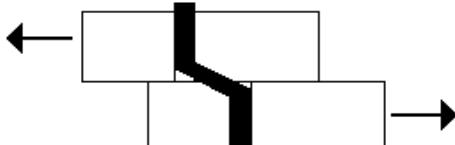


MODO LLLI

$$P_{el,ad} = \frac{k_3 \cdot D \cdot L_l \cdot R_{ap,c}}{(2 + R_e) \cdot FA} \quad (\text{Ec. 3.7})$$

$$P_{el,ad} = \frac{2 \cdot k_3 \cdot D \cdot L_l \cdot R_{ap,c}}{(2 + R_e) \cdot FA} \quad (\text{Ec. 3.8})$$

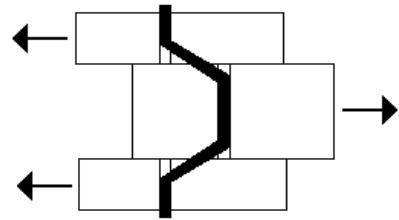
Cizalle Simple



MODO LV

$$P_{el,ad} = \frac{D^2}{FA} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap,c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}} \quad (\text{Ec. 3.9})$$

Cizalle Doble



MODO LV

$$P_{el,ad} = \frac{2 \cdot D^2}{FA} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap,c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}} \quad (\text{Ec. 3.10})$$

En que:

$P_{el,ad}$: Capacidad de carga admisible, N.

FA : Factor de ajuste, según Tabla 3.2.

$R_{ap,c}$: Resistencia de aplastamiento del vástago en el madero principal o central, Mpa.

$R_{ap,l}$: Resistencia de aplastamiento del vástago en el madero secundario o lateral, Mpa.

F_{ff} : Tensión de fluencia en flexión del acero, Mpa.

D : Diámetro nominal del medio de unión, mm.

Además de los factores, k_1 , k_2 y k_3 , los cuales tienen la siguiente fórmula:

$$k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2 \cdot R_e^2 \cdot (1 + R_t + R_t^2) + R_t^2 \cdot R_e^3} - R_e \cdot (1 + R_t)}{1 + R_e} \quad (\text{Ec. 3.11})$$

$$k_2 = -1 + \sqrt{2 \cdot (1 + R_e) + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (1 + 2 \cdot R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_c^2}} \quad (\text{Ec. 3.12})$$

$$k_3 = -1 + \sqrt{\frac{2 \cdot (1 + R_e)}{R_e} + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (2 + R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_l^2}} \quad (\text{Ec. 3.13})$$

Para poder calcularlos, se debe conocer:

$$R_e = \frac{R_{ap,c}}{R_{ap,l}} \quad (\text{Ec. 3.14}) \quad Y \quad R_t = \frac{l_c}{l_l} \quad (\text{Ec. 3.15})$$

Todas estas formulas, van complementadas con una serie de datos, tales como:

a.- Factor de Ajuste (FA): éste se encuentra dividido en los diámetros de los medios de unión y en los modos de fluencia, tal como señala la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 – Factores de Ajuste, FA.

Diámetro del medio de unión	Modos de fluencia	FA
6,4 mm ≤ D ≤ 25 mm.	Lc, LI	4*ka
	LL	3,6*ka
	LLLc, LLLI, LV	3,2*ka
D < 6,4 mm.	Lc, LI, LL, LLLc, LLLI, LV	$k_d^{1)}$

(Fuente: NCh 1198 Of.2006)

$k_\alpha = 1 + \frac{\alpha_{\max}}{360^\circ}$; Donde α_{\max} corresponde a la máxima desangulación entre la dirección de la fuerza y de la fibra de cualquier pieza en la unión ($0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$)

$$k_d = 2 \quad \text{para } D \leq 4,3\text{mm}$$

$$k_d = \frac{10 \cdot D + 12,7}{25,4} \quad \text{para } 4,3 \text{ mm} < D < 6,4 \text{mm}$$

1) Para tornillos o tirafondos cuyo diámetro nominal sea mayor o igual que 6,4 mm y su diámetro de la zona roscada sea menor que 6,4 mm, $FA = k_d \cdot k_\alpha$

b.- Resistencia de aplastamiento (Rap): en las paredes de agujeros para clavos y tirafondos de diámetro menor que 6,4 mm se determina, independientemente de la desangulación fuerza-fibra, mediante la expresión:

$$R_{ap} = 115 \cdot \left(\frac{\rho_0}{1000} \right)^{1,84} \quad (\text{Ec. 3.16})$$

Por lo tanto, se asume que $R_{ap} = R_{ap,l} = R_{ap,c}$, lo que implica que $R_e = R_{ap}$.

c.- **Tensión de Fluencia de los medios de unión (F_{ff})**: para el caso de los clavos y tornillos con diámetro D < 6,4 mm., se puede aplicar la expresión:

$$F_{ff} = 896 - 58 \cdot D \quad (\text{Ec. 3.17})$$

Como ya se había señalado, la capacidad admisible de carga de un medio de unión de tipo cilíndrico en una unión de cizalle simple o cizalle doble, corresponde al "*menor valor P_{el,ad} resultante de las expresiones de los modos de fluencia*".

3.1.4.- Especificaciones de la NCh 1198 Of.2006.

- Para poder desarrollar completamente las capacidades de cargas admisibles, se debe respetar un espesor mínimo de madera, emín., de 7xD, en uniones de clavado directo o bien, 6xD en uniones con perforación guía, en que emín. y D se expresan en mm.
- En todo caso, para elementos constituyentes de uniones estructurales se deben usar espesores de al menos 18 mm, en uniones de clavado directo y 16 mm, en uniones con perforación guía.
- En vigas compuestas de alma llena, constituida ésta por dos capas de entablados cruzados y considerando el efecto confinante generado por el clavado de cizalle doble de los cordones, el valor de emín., calculado con la expresión anterior puede ser reducido a dos tercios de su valor, siempre que el ancho individual de las tablas que conforman en alma no exceda de 150 mm.
- La penetración efectiva de clavado en la pieza que recibe la punta, p, en mm, debe ascender a lo menos a 12xD, en uniones de cizalle simple y a 8xD en uniones de cizalle múltiple.
- Si p < 12xD, en uniones de cizalle simple, o si p < 8xD en uniones de cizalle múltiple, la capacidad admisible de carga se debe reducir mediante el factor de modificación, K_{pct}, de expresión:

$$K_{pct} = \frac{p}{12 \cdot D} \quad \text{para uniones de cizalle simple} \quad (\text{Ec. 3.18})$$

$$K_{pct} = \frac{p}{8 \cdot D} \quad \text{para uniones de cizalle múltiple} \quad (\text{Ec. 3.19})$$

Para efectos de cálculo no se aceptan penetraciones efectivas, p, inferiores a 6xD, en uniones de cizalle simple o inferiores a 4xD, en uniones de cizalle múltiple.

3.1.4.1.- Cizalle Múltiple

En uniones de cizalle múltiple, la capacidad admisible de cada clavo, $P_{elm,ad}$, se calcula de acuerdo con la expresión:

$$P_{elm,ad} = (m - 0.25) \cdot P_{el,ad}$$

(Ec. 3.20)

En que:

m : Número de planos de cizalle que atraviesa el clavo.

$P_{el,ad}$: Capacidad admisible de carga condicionada por los modos de fluencia en cizalle simple.

3.1.4.2.- Espaciamientos mínimos

La distribución de clavado se debe definir respetando los espaciamientos mínimos especificados en Tabla 3.2 y en Fig. N° 16, 17 y 18, tomando en consideración el diámetro del clavo, D, y el ángulo, α , que forma la fibra con la dirección de la fuerza.

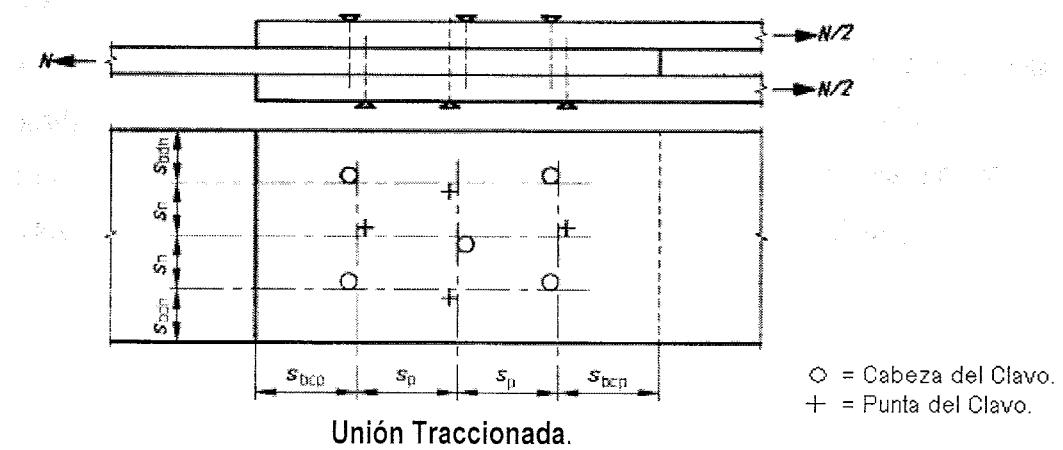
Tabla 3.2 - Espaciamientos mínimos de clavos de diámetro, D, en mm en uniones clavadas en extracción lateral.

Separacion minima		Clavado sin perforacion guía				Clavado con perforacion guía	
		$0^\circ \leq \alpha < 30^\circ$		$30^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$			
		$D \leq 4,2$	$D > 4,2$	$D \leq 4,2$	$D > 4,2$		
Entre clavos	II a fibra (Sp)	$10 \cdot D$	$12 \cdot D$	$10 \cdot D$	$12 \cdot D$	$5 \cdot D$	
	— a fibra (Sn)	$5 \cdot D$	$5 \cdot D$	$5 \cdot D$	$5 \cdot D$	$5 \cdot D$	
Desde el borde	II a fibra (Sbcp)	$15 \cdot D$	$15 \cdot D$	$15 \cdot D$	$15 \cdot D$	$10 \cdot D$	
	— a fibra (Sbcn)	$5 \cdot D$	$7 \cdot D$	$7 \cdot D$	$10 \cdot D$	$5 \cdot D$	
Desde el borde	II a fibra (Sbdp)	$7 \cdot D$	$10 \cdot D$	$7 \cdot D$	$10 \cdot D$	$5 \cdot D$	
	— a fibra (Sbdn)	$5 \cdot D$	$5 \cdot D$	$5 \cdot D$	$5 \cdot D$	$3 \cdot D$	

(Fuente: NCh 1198 Of.2006).

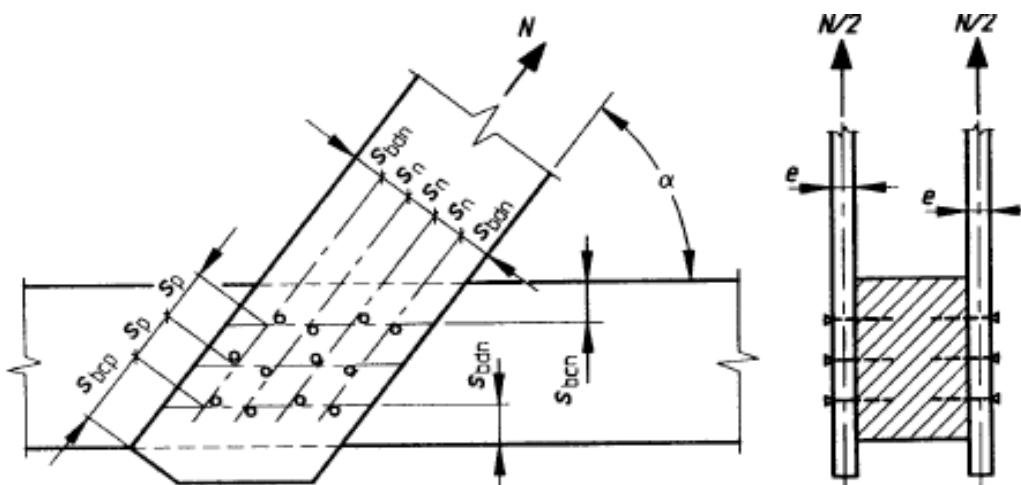
En general, los clavos se deben alternar según la disposición esquematizada en la Fig. N° 16, desplazándolos en un diámetro de clavo con respecto al gramil clavado, ya sea para cizalle simple Fig. N° 17, o para cizalle doble en Fig. N° 18.

Fig. N° 16 – Disposición de clavado.



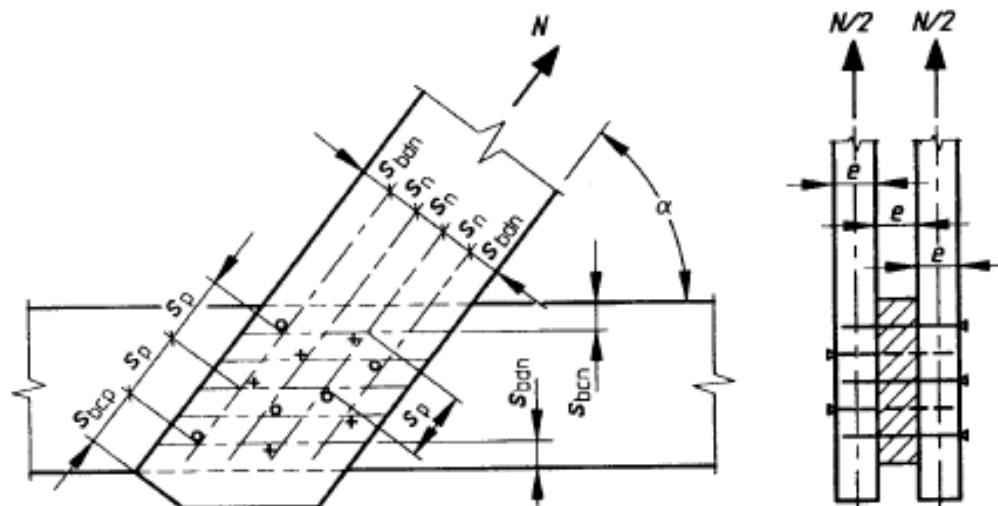
(Fuente: NCh 1198 Of.2006).

Fig. N° 17 – Espaciamientos en uniones de cizalle simple.



(Fuente: NCh 1198 Of.2006).

Fig. N° 18 – Espaciamientos en uniones de cizalle doble.

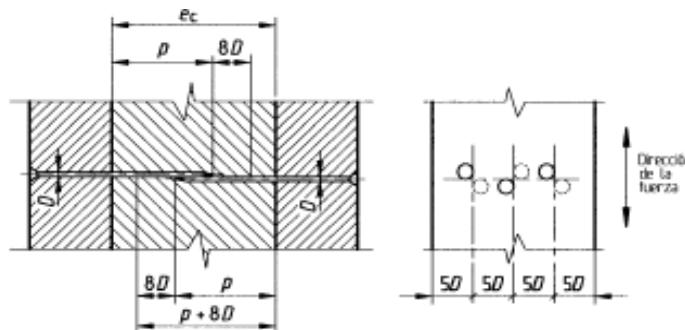


(Fuente: NCh 1198 Of.2006).

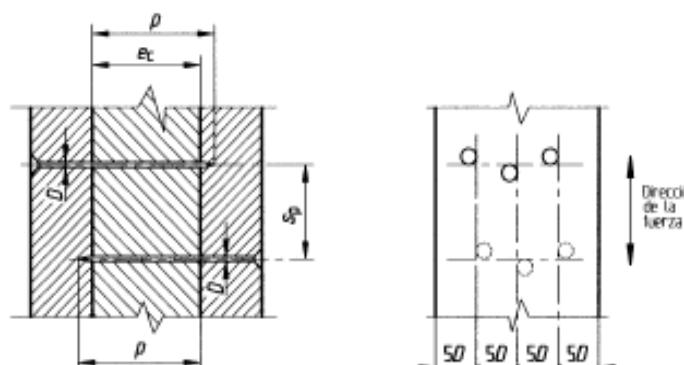
Cuando en una unión de tres maderos los clavos hincados desde lados opuestos (ver Fig. N° 19), se traslanan en el madero central, se deben respetar las siguientes disposiciones:

- Si la punta del clavo dista al menos $8 \cdot D$ de la superficie de cizalle de los clavos hincados en el lado opuesto, se puede repetir el mismo esquema de clavado desde ambos lados (ver Fig. N° 19).
- Si la profundidad de penetración del clavado, P_{ef} excede el espesor del madero e_c central, rigen los espaciamientos mínimos señalados en la Tabla 3.1. (ver Fig. N° 19 a).

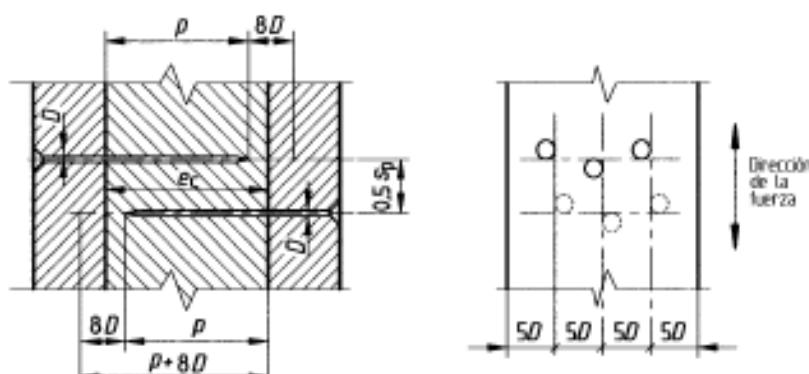
Fig. N° 19 – Espaciamientos de clavos traslapados.



$$a) \text{ Si } e_c \geq (p + 8D)$$



$$b) \text{ Si } e_c \leq p$$



$$c) \text{ Si } p < e_c < (p + 8D)$$

(Fuente: NCh 1198 Of.2006).

- En situaciones intermedias, esto es si:

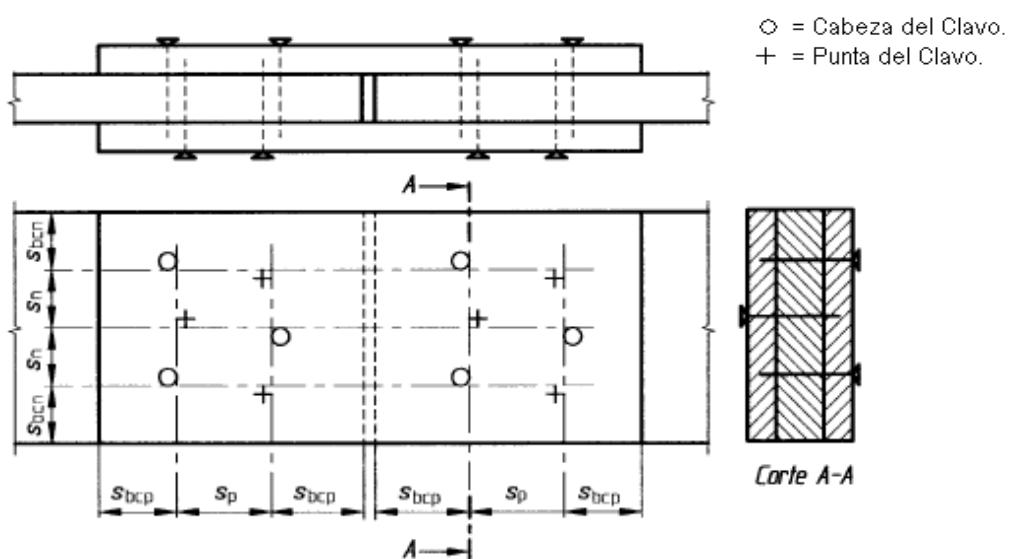
$$P_{ef} < e_c < P_{ef} + 8 \cdot D$$

Se deben respetar espaciamientos iguales al 50% de los señalados para S_p , en la Tabla 3.1 (Ver Fig. Nº 19 c).

- El espaciamiento máximo entre clavos no debe exceder de $40 \cdot D$ en la dirección de la fibra y de $20 \cdot D$ normal a dicha dirección.
- En tableros estructurales de materiales derivados de la madera, el espaciamiento máximo entre clavos en cualquier dirección no debe exceder de $40 \cdot D$. Si estos tableros cumplen exclusivamente funciones arriostrantes, se acepta un espaciamiento máximo de $80 \cdot D$.
- En las uniones de tableros derivados de la madera, clavados a estructuras de madera, se deben adoptar los siguientes espaciamientos mínimos:
 - Entre clavos colocados en los tableros: $5 \cdot D$, salvo que los espaciamientos entre clavos en la madera resulten condicionantes;
 - Al borde descargado: $2,5 \cdot D$.
 - Al borde cargado del tablero:
 - ⇒ $4 \cdot D$ en contrachapados;
 - ⇒ $7 \cdot D$ en tableros de partículas.

En uniones resistentes a flexión, rigen los valores de la Tabla 3.1, los cuales se deben aplicar atendiendo únicamente a la dirección de la fibra y considerando todos los bordes como bordes cargados, ver Fig. Nº 20

Fig. Nº 20 – Espaciamientos entre clavos en uniones solicitadas a flexión.



(Fuente: NCh 1198 Of.2006).

3.1.4.3.- Uniones clavadas con planchas de acero.

En el clavado de planchas de acero dispuestas externamente se puede prescindir de una disposición alternada de los clavos alineados consecutivamente en la dirección de la fibra cuando:

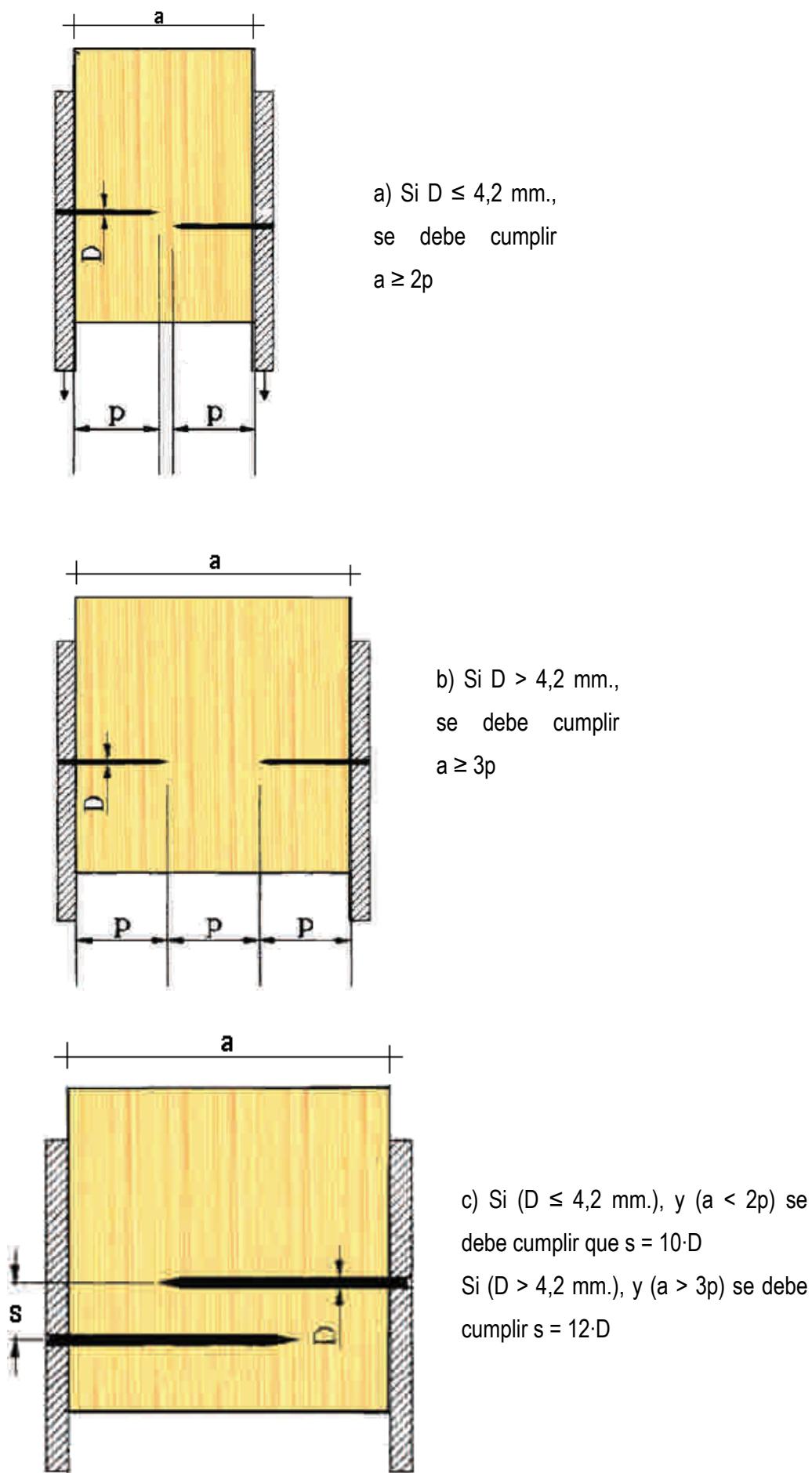
- Se dispone una única plancha fijada con clavos de diámetros que no exceden de 4,2 mm., y el espesor del madero equivale a la profundidad de clavado, sin resultar inferior a $10 \cdot D$, ver Fig. Nº 21 a.
- Para clavos con $D > 4,2$ mm, el espesor del madero debe ascender al menos a 1,5 veces la profundidad de clavado, sin resultar inferior a $15 \cdot D$;
- Se disponen dos planchas, una a cada lado del madero, fijadas con clavos hincados desde ambos lados con diámetros que no excedan de 4,2 mm, y siempre que estos clavos no se traslapan en el madero central; ver Fig. Nº 21.
- Las puntas de clavos con $D > 4,2$ mm, deben quedar desplazadas en, al menos, la profundidad, P_{ef} de clavado; ver Fig. Nº 21 b.
- Cuando no se respeten las disposiciones de los puntos a. y b. para el madero central, los espaciamientos mínimos, S_p en la dirección de la fibra, deben ser:

$$S_p = 10 \cdot D \quad \text{Para } D \leq 4,2 \text{ mm.}$$

$$S_p = 12 \cdot D \quad \text{Para } D > 4,2 \text{ mm.}$$

- La distancia de los clavos al borde de las planchas debe ascender al menos a $2,5 \cdot D$ y, en el caso de una disposición no alternada, a $2 \cdot D$.

Fig. N° 21 – Uniones de planchas de acero y madera con clavado sin disposición alternada.



(Fuente: Corma).

3.1.4.4.- Hilera de clavos en elementos traccionados.

Si en un empalme o unión de elementos traccionados se disponen hileras de más de 10 clavos, en cada hilera se debe reducir en 1/3 las capacidades de carga de aquellos que exceden el décimo clavo. Para efectos del cálculo estructural, se puede considerar un máximo de 30 clavos por hilera.

3.1.4.5.- Piezas de sección transversal circular.

En uniones de tablas, tablones o similares con postes, rollizos o piezas de sección transversal circular, se deben reducir las capacidades admisibles de carga de los clavos en 1/3.

Las uniones clavadas entre piezas de sección transversal circular no se aceptan como estructurales.

3.1.4.6.- Protección anticorrosiva.

Cuando los clavos quedan expuestos a riesgos de corrosión, solo se les podrá asignar su capacidad de carga admisible cuando ellos tengan las protecciones anticorrosivas señaladas en el punto 9.5 de la NCh 1198 Of.2006. Esta disposición no rige para construcciones provisorias.

3.1.5.- Carga de diseño.

La carga de diseño de un clavo en extracción lateral, colocado con su eje normal a la fibra de la madera, se determina con la expresión:

$$P_{el,dis} = P_{el,ad} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT} \quad (\text{Ec. 3.21})$$

$P_{el,ad}$: Capacidad de carga admisible, N.

K_{UH} : Factor de modificación por contenido de humedad.

K_D : Factor de modificación por duración de carga.

K_{UT} : Factor de modificación por temperatura.

3.2.- Uniones atornilladas en extracción lateral.

3.2.1.- Características de los tornillos.

Los tornillos de la norma especifican para las uniones solicitadas en extracción lateral, son los mismos que se usan en extracción directa. Estos son los que cumplen con la norma ANSI B 18.16.1, cuyas dimensiones se indican en el Anexo 3.

3.2.2.- Cargas admisible de extracción lateral.

La capacidad admisible de carga, para solicitudes con dirección perpendicular al eje del tornillo (cizalle) y en cualquier dirección con respecto a la fibra de la madera rige lo establecido para uniones clavadas en "3.1.3.- Cargas admisible de extracción lateral"

3.2.2.1.- Especificaciones de la NCh 1198 Of.2006.

- Las uniones atornilladas estructurales deben trabajar en cizalle simple y consta de, al menos, cuatro tornillos cuando $D \leq 10$ mm., y de dos tornillos cuando $D \geq 10$ mm.
- La penetración efectiva de atornillado (S_{ef}), en mm, debe ascender a lo menos a $8 \cdot D$.
- Las piezas a unir se deben perforar previamente con un diámetro igual D hasta una profundidad igual a la longitud del vástago liso y con un diámetro igual a $0,7 \cdot D$ hasta una profundidad igual al largo de la zona roscada.
- Para tornillos sometidos a extracción lateral, los espaciamientos mínimos entre tornillos colocados en madera, deben ser los especificados en la Tabla 3.1, para clavos colocados con perforación guía.
- Para los espaciamientos mínimos entre tornillos, colocados en tableros derivados de la madera, rige lo establecido en 3.1.4.2.
- En tornillos estructurales, la distancia máxima entre tornillos vecinos, medida según la dirección de la fibra de la madera y en cualquier dirección en tableros derivados de la madera, no debe exceder de $40 \cdot D$.
- La distancia máxima entre tornillos estructurales vecinos, medida normal a la dirección de la fibra de la madera, no debe exceder de $20 \cdot D$.

3.2.3.- Capacidad de Diseño.

La capacidad de diseño de un tornillo en extracción lateral, colocado con su eje normal a la fibra de la madera y solicitado en cizalle simple se determina con la expresión:

$$P_{el,dis} = P_{el,ad} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT} \quad (\text{Ec. 3.22})$$

$P_{el,ad}$: Capacidad de carga admisible, N.

K_{UH} : Factor de modificación por contenido de humedad.

K_D : Factor de modificación por duración de carga.

K_{UT} : Factor de modificación por temperatura.

CAPITULO IV

4.- Solicitaciones Combinadas.

En el siguiente capítulo se describirá la metodología a seguir y las especificaciones que deben considerarse para el cálculo de uniones sometidas simultáneamente a solicitudes de extracción lateral y extracción directa.

Solo podrán estar en esta situación los tornillos y eventualmente los clavos, tal como lo indica la norma como aptos para resistir los dos tipos de solicitudes.

4.1.- Uniones con Clavos.

Como se señaló en su oportunidad, no resulta conveniente utilizar clavos para resistir cargas en extracción directa. Sin embargo, en ocasiones es imposible evitar esta situación. Es lo que ocurre, por ejemplo, con los clavos lanceros.

En clavos sometidos a una acción simultánea de solicitudes de extracción lateral (cizalle), según Capítulo III., y de extracción directa, según Capítulo II, se debe verificar que:

$$\left[\frac{P_{el,tr}}{P_{el,dis}} \right]^m + \left[\frac{P_{ed,tr}}{P_{ed,dis}} \right]^m \leq 1 \quad (\text{Ec. 4.1})$$

$P_{el,tr}$: Solicitación de trabajo de una sección transversal del clavo sometida a cizalle.

$P_{el,dis}$: Capacidad de diseño de carga de una superficie de cizalle de clavo.

$P_{ed,tr}$: Solicitación de trabajo por extracción directa del clavo.

$P_{ed,dis}$: Capacidad de diseño de carga de extracción directa.

$m = 1$ = para clavos redondos de vástago liso.

$m = 1,5$ = para clavos redondos de vástago liso usados en empalmes de traslapos de costaneras.

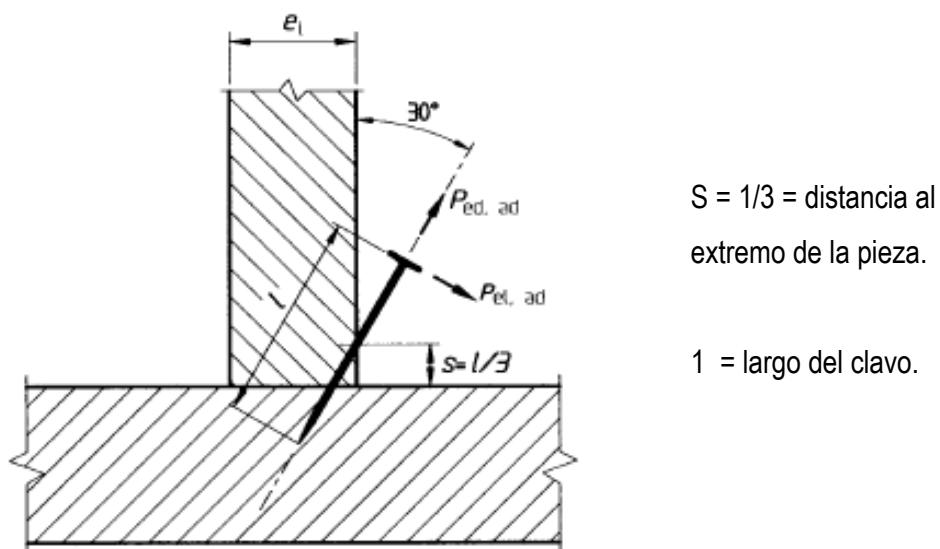
4.1.1.- Clavos Lanceros.

Se da el nombre de "clavos lanceros" a los que se colocan de modo que su eje forme un ángulo de 30° con la pieza donde quedara a la cabeza y a una distancia aproximadamente igual a un tercio del largo del clavo, medida a contar del extremo de dicha pieza, según se indica en la figura Nº 22.

La carga admisible de extracción directa de un clavo colocado como "lancero", para cualquier contenido de humedad de la madera, será igual al 65% de los valores, para igual penetración del clavo en el madero que recibe su punta.

La carga admisible de extracción lateral (cizalle) de un clavo colocado como "lancero", será igual al 30% del valor correspondiente a cizalle simple, para igual penetración del clavo.

Fig. Nº 22 – Forma correcta de colocar un “clavo lancero”.



(Fuente: NCh 1198 Of.2006)

4.2.- Uniones con Tornillos.

Al actuar simultáneamente sobre un tornillo solicitudes de cizalle y de extracción directa, además de verificar la capacidad de la unión para resistir cada solicitud en forma individual, debe comprobarse que sea capaz de resistir la interacción de solicitudes. Para ello, se utiliza la siguiente expresión:

$$\left[\frac{P_{cz,tr}}{P_{cz,ad}} \right]^2 + \left[\frac{P_{ed,tr}}{P_{ed,ad}} \right]^2 \leq 1 \quad (\text{Ec. 4.2})$$

Donde:

$P_{cz,tr}$ = solicitudes de cizalle de una sección transversal de tornillo.

$P_{cz,ad}$ = carga admisible en cizalle que soporta una sección transversal de tornillo.

$P_{ed,tr}$ = solicitud de trabajo en extracción directa del tornillo.

$P_{ed,ad}$ = capacidad admisible en extracción directa que soporta un tornillo colocado en madera.

CAPITULO V

5.- Verificaciones Tensiónales en Uniones.

La verificación de tensiones en las uniones, se realizan en uniones paralelas a la fibra, perpendiculares a la fibra y en piezas que son traccionadas en sus extremos, en las cuales se debe controlar su capacidad admisible de carga.

Con respecto a las tensiones de cizalle, no son aplicables en los casos de clavos y tornillos.

5.1.- Sección transversal neta.

La capacidad soportante de carga de las piezas se debe verificar en la menor sección transversal neta que condicione la ejecución de las uniones, deduciendo de la sección transversal bruta las áreas de perforaciones o de cualquier otra remoción de madera.

El área neta requerida en piezas traccionadas y comprimidas, se determina dividiendo la carga total que se traspasa a través de la sección transversal neta crítica, por el correspondiente valor de diseño en tracción, $F_{tp,dis}$, o compresión paralela a la fibra, $F_{cp,dis}$, para la especie y grado del material empleado.

5.1.1.- Paralela a la fibra de la madera.

Procedimiento a seguir para la verificación: de la Tabla 5.1, se obtiene:

Tabla 5.1 a) Para todas las especies: F_{tp} y F_{cp}

Tabla 5.1 b) Para pino radiata seco: F_{tp} y F_{cp}

Tabla 5.1 - Tensiones admisibles y módulo de elasticidad en flexión para madera aserrada, Mpa.

a) Todas las especies, excepto el Pino radiata

Clase estructural	Tensiones admisibles de:				Modulo de elasticidad en flexión Ef
	Flexión Ff	Compresión paralela Fcp	Tracción paralela Ftp	Cizalle FcZ	
F34	34,5	26	20,7	2,45	18150
F27	27,5	20,5	16,5	2,05	15000
F22	22	16,5	13,2	1,7	12600
F17	17	13	10,2	1,45	10600
F14	14	10,5	8,4	1,25	9100
F11	11	8,3	6,6	1,05	7900
F08	806	6,6	5,2	0,86	6900
F07	6,9	5,2	4,1	0,72	6100
F05	5,5	4,1	3,3	0,62	5500
F04	4,3	3,3	2,6	0,52	5500
F03	3,4	2,6	2	0,43	4600
F02	2,8	2,1	1,7	0,36	4350

(Fuente: NCh 1198 Of.2006)

b) Pino radiata seco: $H = 12\%$

Grado estructural	Tensiones admisibles de:					Modulo de elasticidad en flexion Ef	Indice de aplastamiento en compresión normal Ecn,h (Mpa/mm)
	Flexión Ff	Compresión paralela Fcp	Compresión normal Fcn	Tracción paralela Ftp	Cizalle Fcz		
a) Visuales							
GS	11	8,5	6	2,5	1,1	10500	5,65
G1	7,5	7,5	5	2,5	1,1	10000	
G1 y mejor	9,5	7,8	5,5	2,5	1,1	10100	
G2	5,4	6,5	4	2,5	1,1	8900	
b) Mecánicos							
C24	9,3	8	4,7	2,5	1,1	10200	5,65
C16	5,2	7,5	3,5	2,5	1,1	7900	

(Fuente: NCh 1198 Of.2006)

- Teniendo Ftp y Fcp se calcula la de diseño:

$$F_{tp,dis} = F_{tp} \times K_{uh} \times K_d \times K_{hf} \times K_{ct} \quad (\text{Ec. 5.1})$$

$$F_{cp,dis} = F_{cp} \times K_{uh} \times K_d \quad (\text{Ec. 5.2})$$

- La "capacidad soportante de carga" se debe verificar en la menor sección transversal neta:

$$STN = (h \times b) - (D \times b) \quad (\text{Ec. 5.3})$$

$$\text{Área Neta requerida} = S / (F_{tp,dis} \text{ ó } F_{cp,dis}) \quad (\text{Ec. 5.4})$$

SE DEBE VERIFICAR QUE: STN \geq Área Neta requerida

5.1.2.- Perpendicular a la fibra de la madera.

En el extremo de las piezas traccionadas, unidas mediante pernos, pasadores de acero, tirafondos que penetren más del 65% del madero verificado y conectores, adicionalmente a la verificación de la sección transversal neta crítica, se debe controlar la capacidad admisible de carga de la madera por concepto de desgarro de hileras y por concepto de desgarro de bloque. A continuación, se presenta un criterio de verificación integral de la capacidad de carga de la madera en los extremos de piezas traccionadas.

- Tracción normal a la fibra admisible por concepto de la capacidad resistente de la madera.

$$T_{n,ad} = F_m \cdot A_{ef} \cdot f_1\left(\frac{a}{h}\right) \cdot f_2\left(\frac{h_i}{h}\right) \cdot f_3(MdU) \cdot 10^{-3} [kN] \quad (\text{Ec. 5.5})$$

- Superficie efectiva de unión (mm^2)

$$A_{ef} = W_{ef} \cdot b_{ef} \left[mm^2 \right] \quad (\text{Ec. 5.6})$$

- Ancho efectivo de unión.

$$W_{ef} = \sqrt{W^2 + (C \cdot h)^2} [mm] \quad (\text{Ec. 5.7}) \quad \text{Con} \quad C = \frac{4}{3} \cdot \sqrt{\frac{a}{h} \cdot \left(1 - \frac{a}{h}\right)^3} \quad (\text{Ec. 5.8})$$

- Si la distancia entre columnas adyacentes excede el valor: $0,8 \cdot (h-a)$ usar:

$$W_{ef} = C \cdot h \cdot \left[1 + (n_{hileras} - 1) \cdot \left(\frac{W}{W+a} \right) \right] [mm] \quad (\text{Ec. 5.9})$$

- Profundidad efectiva de unión (mm) para clavos y tornillos:

$b_{ef} = s$ donde $\leq 12d$

- Usar $F_{tn} = 0,32$ Mpa.

- Factor que considera la ubicación, con respecto a la altura de viga, de la sección más solicitada en tracción normal a la fibra de la unión.

$$f_1\left(\frac{a}{h}\right) = \frac{1}{1 - 3 \cdot \left(\frac{a}{h}\right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{a}{h}\right)^3} \quad \text{Efecto distancia al borde cargado} \quad (\text{Ec. 5.10})$$

- Factor que considera el efecto de la cantidad de filas de la disposición de medios de unión.

$$f_2\left(\frac{h_1}{h_i}\right) = \frac{n}{\sum \left(\frac{h_1}{h_i}\right)} \quad \text{Efecto Número de hileras} \quad (\text{Ec. 5.11})$$

- $f_3(MdU)$ Factor que considera el tipo de medio de unión usar el valor de 1.

Si se disponen consecutivamente varias agrupaciones de medios de unión el valor de diseño de la capacidad resistente para una agrupación individual, $T_{n,ad}$, se puede obtener mediante la igualdad (T1) cuando la distancia libre entre dos agrupaciones vecinas medida según la dirección de la fibra ascienda al menos a $2 \cdot h$

Si la distancia libre según la dirección de la fibra entre dos agrupaciones vecinas no es superior a $0,5 \cdot h$, ambos grupos deben ser considerados como un único grupo de medios de unión.

Si la distancia libre medida según la dirección de la fibra entre dos agrupaciones adyacentes de medios de unión es superior a $0,5 \cdot h$ pero menor que $2 \cdot h$, el valor de diseño de la capacidad resistente de cada agrupación se debe reducir por medio del factor K_g :

$$0,5 \cdot h < \Delta a < 2 \cdot h \quad (\text{ver Fig. N}^{\circ} 24)$$

$$K_g = \frac{l_g}{4 \cdot h} + 0.5 \quad (\text{Ec. 5.12})$$

$$T_{n,dis} = T_{n,ad} \times K_g$$

Verificar que:

$$S \leq T_{n,ad}$$

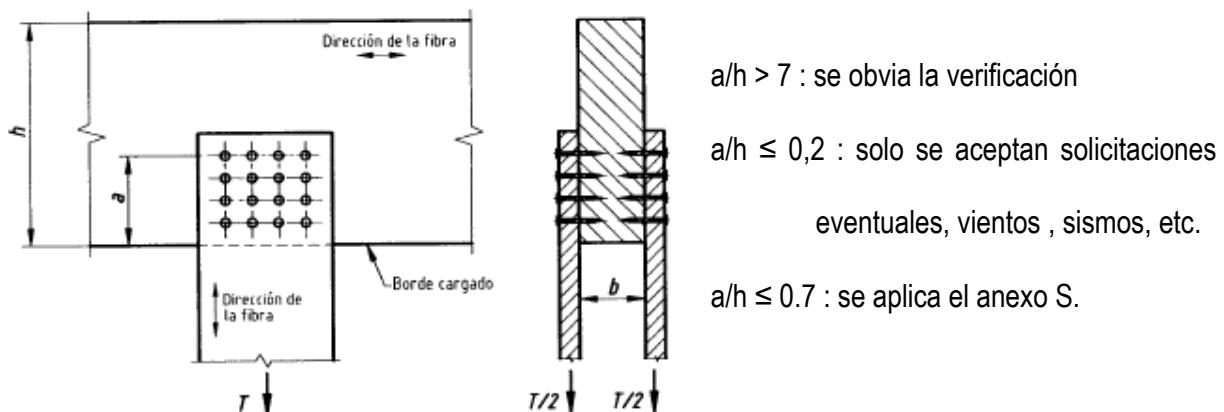
$$S \leq T_{n,dis}$$

5.1.3.- Fallas de la madera solicitada a tracción según la dirección de la fibra en uniones con medios de unión mecánicos.

Si se solicita piezas de sección transversal rectangular por fuerzas orientadas en forma perpendicular a la dirección de la fibra, la verificación de las tensiones de tracción normal a la dirección de la fibra inducidas se puede llevar a cabo de acuerdo con el criterio siguiente:

- Uniones con $a / h > 0,7$ se puede obviar la verificación.
- Uniones transversales con $a / h \leq 0,2$ se aceptan sólo para solicitudes eventuales de corta duración, como las inducidas por el efecto del viento.
- Para $a / h \leq 0,7$ se puede aplicar lo que se presenta a continuación.

Fig. Nº 23 – Unión con pieza solicitada normal a la dirección de la fibra.



$a/h > 7$: se obvia la verificación

$a/h \leq 0,2$: solo se aceptan solicitudes eventuales, vientos , sismos, etc.

$a/h \leq 0,7$: se aplica el anexo S.

5.1.3.1.- Capacidad de tracción de la sección transversal neta.

Primero se calcula la Tensión de trabajo en tracción paralela a la fibra mediante la expresión.

$$f_{tp} = \frac{T}{A_n} \cdot 10^3 (\text{Mpa}) \quad (\text{Ec. 5.13})$$

En que:

f_{tp} : Tensión de trabajo en tracción paralela, en Mpa.

T : Solicitación de tracción axial, en Mpa.

A_n : Área neta de la sección, en mm^2 .

Debemos ir a la siguiente Tabla:

Tabla 5.2 - Valores del factor de modificación por concentración de tensiones, Kct

Tipo de Debilitamiento	Madera Aserrada
Perforaciones pequeñas y uniformemente distribuidas (clavos)	0,8

(Fuente: NCh 1198 Of.2006)

Aquí sólo se muestra el valor para clavos, que es el lo que se está analizando.

Luego la tensión de diseño en tracción es:

$$F_{tp,dis} = F_{tp} \cdot K_H \cdot K_D \cdot K_{hf} \cdot K_{ct} \quad (\text{Ec. 5.14})$$

En que:

F_{tp} : Tensión de diseño en tracción paralela, en Mpa.

$F_{tp,dis}$: Tensión admisible en tracción paralela, en Mpa.

K_H : Factor de modificación por humedad.

K_D : Factor de modificación por duración de carga, en seg.

K_{hf} : Factor de modificación por altura.

K_{ct} : Factor de modificación por concentración.

Teniendo la tensión de trabajo, entonces se debe obtener la capacidad de tracción de la madera mediante la siguiente forma:

$$T_{AN,dis} = F_{tp,dis} \cdot A_{neta} \quad (\text{Ec. 5.15})$$

En que:

$T_{AN,dis}$: Capacidad de tracción en la sección transversal neta.

$F_{tp,dis}$: Tensión de diseño en tracción paralela.

A_{neta} : Sección transversal neta.

5.1.3.2.- Capacidad de desgarro de una hilera de medios de unión.

Tabla 5.1 a) Para todas las especies Fcz

Tabla 5.1 b) Para pino radiata seco Fcz

- Teniendo Fcz se calcula la de diseño:

$$F_{cz,dis} = F_{cz} \cdot K_{uh} \cdot K_d \cdot K_r \quad (\text{Ec. 5.16})$$

$$\bullet \quad T_{DH,dis} = n_i \cdot F_{cz,dis} \cdot b \cdot S_{critico} ; \text{ para cada columna} \quad (\text{Ec. 5.17})$$

5.1.3.3.- Capacidad admisible de desgarro de hileras múltiples.

$$T_{DH,dis} = \sum_{i=1}^{n_{hileras}} T_{DH,dis} \quad (\text{Ec. 5.18})$$

5.1.3.4.- Capacidad de desgarro de un grupo de hileras de medios de unión.

$$T_{DG,dis} = \frac{T_{DH-1,DIS}}{2} + \frac{T_{DH-n,dis}}{2} + F_{tp,dis} \cdot STN_{grupo} \quad (\text{Ec. 5.19})$$

$$\text{STN grupo} = (h \times b) - (n^o \times D \times b)$$

n^o = Número de elementos de unión ya calculado.

- Se verifica entonces que:

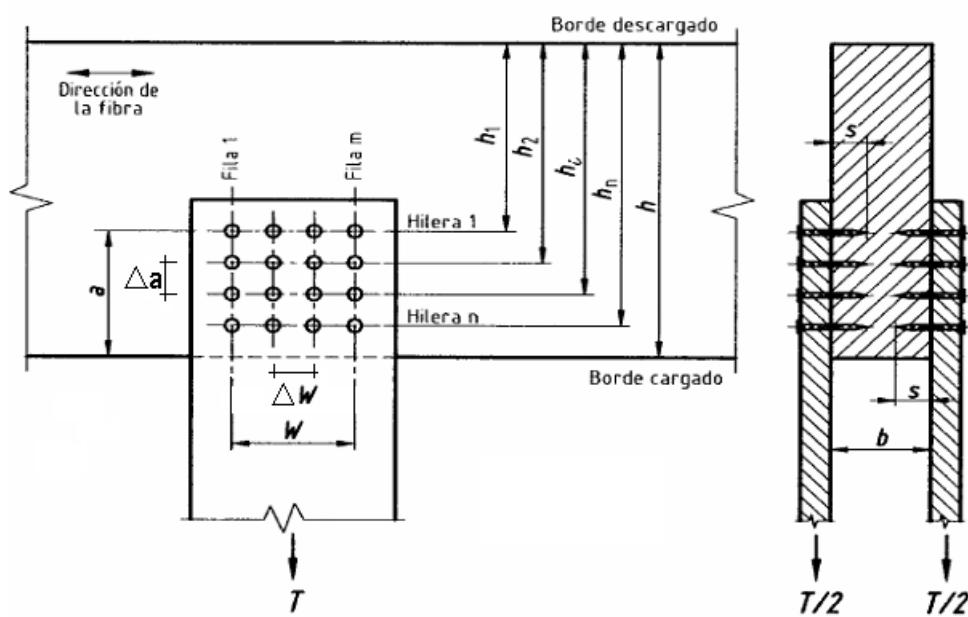
1. Capacidad de tracción de la sección transversal neta

$$S \leq T_{an,dis}$$

2. Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión:

$$S \leq T_{dh,dis}$$

Fig. N° 24 – Designaciones geométricas.



(Fuente: NCh 1198 Of.2006)

CAPITULO VI

6.- Introducción al lenguaje PHP.

PHP es un lenguaje de programación, originario del nombre PHP Tools, o Personal Home Page Tools, que sirve principalmente para proporcionar características dinámicas a una página Web. Puede combinarse con bases de datos MySQL, ofreciendo resultados muy interesantes para todas aquellas páginas Web que pretendan figurar como activas y dinámicas.

El fácil uso y la similitud con los lenguajes más comunes de programación estructurada, como C y Perl permiten crear aplicaciones complejas con una curva de aprendizaje muy suave. También permite involucrarse con aplicaciones de contenido dinámico sin tener que aprender todo un nuevo grupo de funciones y prácticas.

El lenguaje PHP tiene la característica de poder mezclarse con el lenguaje HTML. PHP, al contrario que este último, se interpreta y ejecuta directamente en el servidor en el que está alojada la página Web, con lo que el visitante a la misma únicamente recibe el resultado buscado por el código en el que está escrito. Además es posible utilizar PHP para generar archivos PDF, Flash, así como imágenes en diferentes formatos, de modo que se puede simular la conexión, con sus respectivos detalles.

6.1.- Orígenes y tipología del lenguaje

PHP es el acrónimo de "PHP: Hypertext Preprocessor", es decir, un "pre-procesador del hipertexto" que se basa en una sintaxis parecida al C, al Java y al Perl, por supuesto con unos añadidos más. Nació en 1994 como proyecto "personal" y la primera versión se utilizó públicamente en 1995 con el nombre "Personal Home Page". El resto es historia. Como cada buen proyecto que llama la atención de los usuarios y de los programadores, el lenguaje se ha desarrollado como proyecto open-source hasta el punto que, en 1996, ya se estaba utilizando en 15.000 sitios web. En el momento de la release 3 (a mediados de 1999) el número de servidores que utilizaban PHP se había decuplicado.

El PHP es un lenguaje de scripting server-side. Se trata de un lenguaje "embeded" en las páginas que lo incluyen, por citar un ejemplo, el lenguaje Javascript. La principal diferencia es que el PHP lo ejecuta en el servidor en lugar de en el cliente directamente. Por lo tanto, no se necesitan compatibilidades particulares o estándar definidos por otros (como el ejemplo más clásico del Javascript). El mecanismo de realización de los script, para los que los conocen, es parecido al lenguaje ASP.

Si se invoca la página desde el browser, no se ve la línea del código (las verdaderas etiquetas del PHP), sino el resultado que esta instrucción devuelve. En la práctica, el servidor HTTP, una vez que se le haya solicitado una página parecida, la reconoce (si ha sido configurado debidamente) y pone en marcha la parte "dinámica". Lo que llega a vuestro browser es la elaboración de este código y podéis entender que se trata de una página escrita en lenguaje PHP sólo por su extensión (típicamente .php3).

6.2.- Usos de PHP.

Los principales usos del PHP son los siguientes:

- Programación de páginas Web dinámicas, habitualmente en combinación con el motor de base datos MySQL, aunque cuenta con soporte nativo para otros motores, incluyendo el estándar ODBC, lo que amplía en gran medida sus posibilidades de conexión.
- Creación de aplicaciones gráficas independientes del navegador, por medio de la combinación de PHP, lo que permite desarrollar aplicaciones de escritorio en los sistemas operativos en los que está soportado.

6.3.- Características de PHP

6.3.1.- Ventajas

- Es un lenguaje multiplataforma.
- Capacidad de conexión con la mayoría de los manejadores de base de datos que se utilizan en la actualidad, destaca su conectividad con MySQL
- Capacidad de expandir su potencial utilizando la enorme cantidad de módulos (llamados ext's o extensiones).
- Posee una amplia documentación en su página oficial ([\[http://www.php.net\]](http://www.php.net)), entre la cual se destaca que todas las funciones del sistema están explicadas y ejemplificadas en un único archivo de ayuda.
- Es libre, por lo que se presenta como una alternativa de fácil acceso para todos.
- Permite las técnicas de Programación Orientada a Objetos.
- Biblioteca nativa de funciones sumamente amplia e incluida
- No requiere definición de tipos de variables.

6.3.2.- Desventajas

- No posee una abstracción de base de datos estándar, sino bibliotecas especializadas para cada motor (a veces más de una para el mismo motor).
- No posee adecuado manejo de internacionalización, unicode, etc.

6.4.- CGI y PHP: principales diferencias

Es sabido que los script CGI escritos en Perl y los script PHP se utilizan sobre todo para la realización de páginas dinámicas, dejando de lado por un momento el lenguaje ASP que, recordamos, es propietario y puede utilizarse (casi) sólo en webserver NT con IIS.

El PHP, sobre todo en estos últimos tiempos, se está imponiendo como lenguaje principal de scripting para la realización de páginas dinámicas. En primer lugar porque es multiplataforma, es decir, es posible encontrar el motor PHP para las plataformas más utilizadas.

6.5.- Procedimientos.

En este punto, se muestra el paso a paso a seguir para cada tipo de extracción y para las verificaciones, en las cuales se baso el programador. Se desarrollaron los algoritmos en Excel, los cuales se detallan con precisión en el Anexo 4.

6.6.- Reseñas sobre la programación.

Este programa, fue desarrollado para el uso rápido y sencillo de uniones en madera, a través de clavos y tornillos, el cual fue desarrollado en el lenguaje PHP.

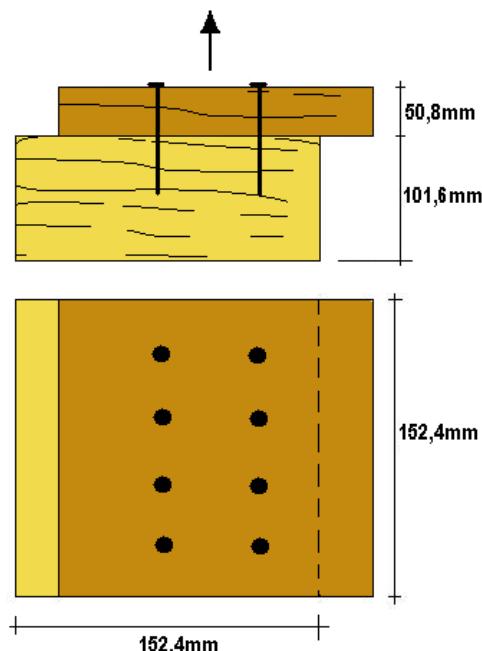
Cabe recordar que esta tesis no está enfocada en el cómo programar, sino mas bien, en el uso práctico de éste. A modo de tener un mayor entendimiento de los procedimientos desarrollados en el programa y muy a grandes rasgos, se puede señalar lo siguiente:

- El programa se basa en la plataforma PHP y malla SQL.
- El programa se encuentra segmentado por tipo de extracción, dividido en clases, los cuales son objetos, para poder trabajar cada extracción como una caja negra dentro del programa.
- Las ecuaciones y las tablas también se implementaron como clases.
- Los formularios de ingreso de información están separados por plantillas.
- Se le solicita al usuario el ingreso de datos de extracción y verificación, en forma conjunta en un solo formulario, dependiendo del tipo de extracción.
- Las versiones compatibles para ejecutar este programa serian los navegadores Internet Explorer 7.0 o superior y Firefox o compatible.

6.7.- Ejemplos del programa.

6.7.1.- Ejemplo 1: Extracción directa de clavos.

- Clavo: 4"
- Diámetro: 4,3 mm.
- Fuerza: 1000 Kg. fuerza
- Ciudad: Osorno.
- Madero central: 4" x 6"
- Madero lateral: 2" x 6"
- Roble
- Densidad característica: 527 kg/m³



Datos:

- **Grado estructural:** 2
- **Fuerza solicitante de la unión:** 1000 Kg. fuerza
- **Especie:** Roble
- **Densidad anhidra característica:** 527 Kg/m³
- **Ciudad:** Osorno.
- **Humedad Construcción:** 18 %
- **Duración de la Carga:** 50 años
- **Base madero (bc):** 101,6 mm.
- **Diámetro:** 4,3 mm.
- **Penetración:** 50,8 mm.
- **Altura de la Viga (h):** 152,4 mm.
- **Número de columnas:** 4
- **Número de filas:** 2
- **Distancia (h1):** 70 mm.
- **Distancia (a):** 82,4 mm.
- **Distancia (Δa):** 41,2 mm.
- **Distancia (W):** 92,4 mm.
- **Distancia (ΔW):** 30,8 mm.

- Ingreso de datos en el programa:

Documento sin título - Mozilla Firefox

Archivo Editar Ver Historial Marcadores Herramientas Ayuda

http://dev.hxs.cl/paola/

Google Buscar Marcadores PageRank ABC Corrección ortográfica a i Traducir Envíar a Configuración

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Extracción Directa de Clavos

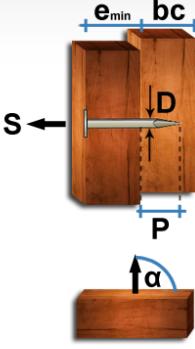
Grado Estructural	Base Madero (bc)	Altura de la Viga (h)	Distancia h1	Distancia W
2	101.6 mm	152.4 mm	70 mm	92.4 mm
Fuerza Solicitante	Diámetro (D)	Nº de Columnas	Distancia a	Distancia ΔW
1000 Kgs Fuerza	4.3 mm	4	82.4 mm	30.8 mm
Especie	Penetración (P)	Nº de Filas	Distancia Δa	
Roble	50.8 mm	2	41.2 mm	

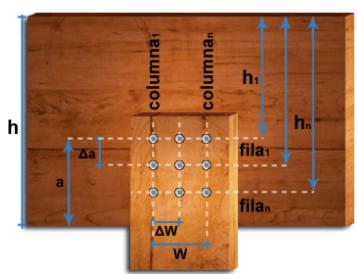
Densidad Anhidra Característica: 527 kg/m³

Ciudad: Osorno

Humedad de Construcción: 18 %

Duración de la Carga: 50 año(s)





Calcular

- Pantalla de resultados:

Documento sin título - Mozilla Firefox

Archivo Editar Ver Historial Marcadores Herramientas Ayuda

http://dev.hxs.cl/paola/

Google Buscar Marcadores PageRank ABC Corrección ortográfica a i Traducir

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Resultados

Tracción normal a la fibra admisible: **18548.57 kN**

Fuerza solicitante: **9806.65 N**

Capacidad de tracción de la sección transversal neta: **Cumple**

Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión: **No Cumple**

Capacidad de desgarro de un grupo de hileras: **Cumple**

Carga admisible de extracción directa: **821.93 N**

Carga de Diseño: **779.92 N**

Número de elementos: **12**

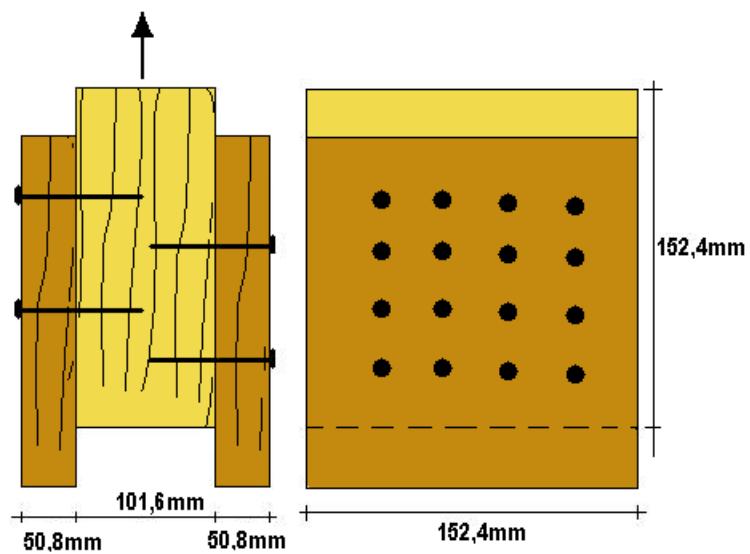
Volver Atrás Volver a Calcular Volver a Extracciones con Clavos

Resultados

Tracción normal a la fibra admisible:	18548.57 kN
Fuerza solicitante:	9806.65 N
Capacidad de tracción de la sección transversal neta:	Cumple
Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión:	No Cumple
Capacidad de desgarro de un grupo de hileras:	Cumple
Carga admisible de extracción directa:	821.93 N
Carga de Diseño:	779.92 N
Número de elementos:	12

6.7.2.- Ejemplo 2: Cizalle Simple en Clavos con clavado directo.

- Clavo: 4"
- Diámetro: 4,3 mm.
- Fuerza: 1000 Kg. fuerza
- Ciudad: Osorno.
- Madero central: 4" x 6"
- Madero lateral: 2" x 6"
- Roble
- Densidad media: 630 Kg/m³



Datos:

- **Grado estructural:** 2
- **Fuerza solicitante de la unión:** 1000 Kg. fuerza
- **Especie:** Roble
- **Densidad anhidra media:** 630 Kg/m³
- **Ciudad:** Osorno.
- **Humedad Construcción:** 18 %
- **Duración de la Carga:** 50 años
- **Base madero (bc):** 101,6 mm.
- **Diámetro:** 4,3 mm.
- **Penetración:** 50,8 mm.
- **emin Lateral:** 50,8 mm.
- **Angulo Fibra – Dirección fza.:** 0°
- **Altura de la Viga (h):** 152,4 mm.
- **Número de columnas:** 4
- **Número de filas:** 4
- **Distancia (h1):** 50 mm.
- **Distancia (a):** 102,4 mm.
- **Distancia (Δa):** 25,6 mm.
- **Dirección Fibra:** Perpendicular.
- **Distancia (W):** 102 mm.
- **Distancia (ΔW):** 34 mm.

- Ingreso de datos en el programa:

Documento sin título - Mozilla Firefox

Archivo Editar Ver Historial Marcadores Herramientas Ayuda

Google Buscar Marcadores PageRank Corrección ortográfica Traducir Envíar Configuración

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Extracción Lateral - Cizalle Simple Clavos - Clavado Directo

Grado Estructural	Base Madero (bc)	Altura de la Viga (h)	Distancia h1	Dirección de la Fibra
2	101.6 mm	152.4 mm	50 mm	Perpendicular
Fuerza Solicitante	Diámetro (D)	Nº de Columnas	Distancia a	Distancia W
1000 Kgs Fuerza	4.3 mm	4	102.4 mm	102 mm
Especie	Penetración (P)	Nº de Filas	Distancia Δa	Distancia ΔW
Roble	50.8 mm	1	25.6 mm	34 mm
Densidad Anhidra Media	Espesor Minimo Lateral			
630 Kg/m ³	50.8 mm			
Ciudad	Angulo Fibra - Dirección Fzca. (α)			
Osorno	0 °			
Humedad de Construcción				
18 %				
Duración de la Carga				
50 año(s)				

Diagrama de la Unión:

Diagrama de la Viga:

Botones:

Calcular

- Pantalla de resultados:

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Resultados

Distancia entre clavos: 21.5 mm
 Distancia desde el borde cargado: 30.1 mm
 Distancia desde el borde descargado: 21.5 mm
 Tracción normal a la fibra admisible: 278282.31 kN
 Fuerza solicitante: 9806.65 N
 Capacidad de tracción de la sección transversal neta: Cumple
 Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión: Cumple
 Capacidad de desgarro de un grupo de hileras: Cumple
 Carga de Diseño: 808.06 N
 Número de elementos: 12

Modo IV:

Volver Atrás Volver a Calcular Volver a Extracciones con Clavos

Resultados

Distancia entre clavos: **21.5 mm**

Distancia desde el borde cargado: **30.1 mm**

Distancia desde el borde descargado: **21.5 mm**

Tracción normal a la fibra admisible: **278282.31 kN**

Fuerza solicitante: **9806.65 N**

Capacidad de tracción de la sección transversal neta: **Cumple**

Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión: **Cumple**

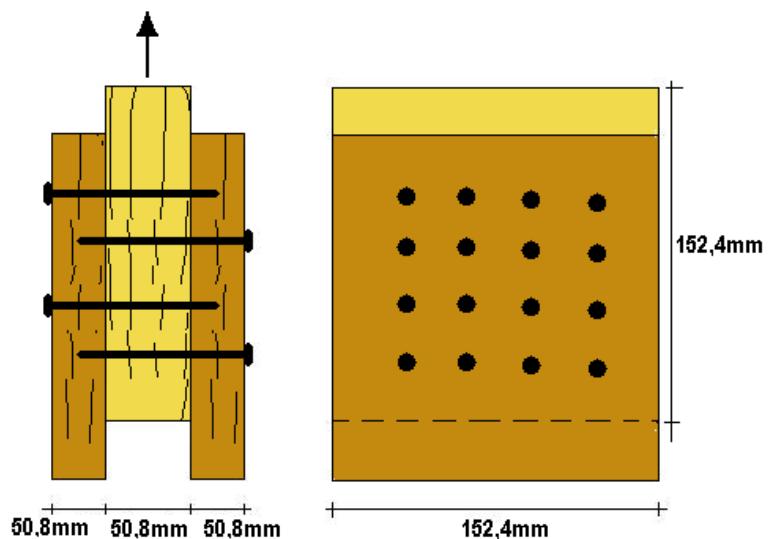
Capacidad de desgarro de un grupo de hileras: **Cumple**

Carga de Diseño: **808.06 N**

Número de elementos: **12**

6.7.3.- Ejemplo 3: Cizalle Doble en Clavos con clavado directo.

- Clavo: 5"
- Diámetro: 5,1 mm.
- Fuerza: 1000 Kg. fuerza
- Ciudad: Osorno.
- Madero central: 2" x 6"
- Madero lateral: 2" x 6"
- Roble
- Densidad media: 630 Kg/m³



Datos:

- **Grado estructural:** 2
- **Fuerza solicitante de la unión:** 1000 Kg. fuerza
- **Especie:** Roble
- **Densidad anhidra media:** 630 Kg/m³
- **Ciudad:** Osorno.
- **Humedad Construcción:** 18 %
- **Duración de la Carga:** 50 años
- **Base madero (bc):** 50,8 mm.
- **Diámetro:** 5,1 mm.
- **Penetración:** 25,4 mm.
- **emin Lateral:** 50,8 mm.
- **Angulo Fibra – Dirección fza.:** 0°
- **Altura de la Viga (h):** 152,4 mm.
- **Número de columnas:** 4
- **Número de filas:** 4
- **Distancia (h1):** 50 mm.
- **Distancia (a):** 102,4 mm.
- **Distancia (Δa):** 25,6 mm.
- **Dirección Fibra:** Perpendicular.
- **Distancia (W):** 102 mm.
- **Distancia (ΔW):** 34 mm.

- Ingreso de datos en el programa:

Documento sin título - Mozilla Firefox

Archivo Editar Ver Historial Marcadores Herramientas Ayuda

http://dev.hmc.cl/paola/ Google

Inicio Extracciones Acerca de...

Extracción Lateral - Cizalle Doble Clavos - Clavado Directo

Grado Estructural 2	Base Madero (bc) 50.8 mm	Altura de la Viga (h) 152.4 mm	Distancia h1 50 mm	Dirección de la Fibra Perpendicular
Fuerza Solicitante 1000 Kgs Fuerza	Diámetro (D) 5.1 mm	Nº de Columnas 4	Distancia a 102.4 mm	Distancia W 102 mm
Especie Roble	Penetración (P) 25.4 mm	Nº de Filas 4	Distancia Δa 25.6 mm	Distancia ΔW 34 mm
Densidad Anhidra Media 630 Kg/m ³	Espesor Mínimo Lateral 50.8 mm			
Ciudad Osorno	Ángulo Fibra - Dirección Fzg. (α) 0 °			
Humedad de Construcción 18 %				
Duración de la Carga 50 año(s)				

Calcular

- Pantalla de resultados:

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Resultados

Distancia entre clavos: 25.5 mm
 Distancia desde el borde cargado: 35.7 mm
 Distancia desde el borde descargado: 25.5 mm
 Tracción normal a la fibra admisible: 139141.16 kN
 Fuerza solicitante: 9806.65 N
 Capacidad de tracción en la sección transversal neta: Cumple
 Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión: Cumple
 Capacidad de desgarro de un grupo de hileras: Cumple
 Carga de Diseño: 2126.28 N
 Número de elementos: 4

Volver Atrás | Volver a Calcular | Volver a Extracciones con Clavos

Resultados

Distancia entre clavos: **25.5 mm**

Distancia desde el borde cargado: **35.7 mm**

Distancia desde el borde descargado: **25.5 mm**

Tracción normal a la fibra admisible: **139141.16 kN**

Fuerza solicitante: **9806.65 N**

Capacidad de tracción en la sección transversal neta: **Cumple**

Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión: **Cumple**

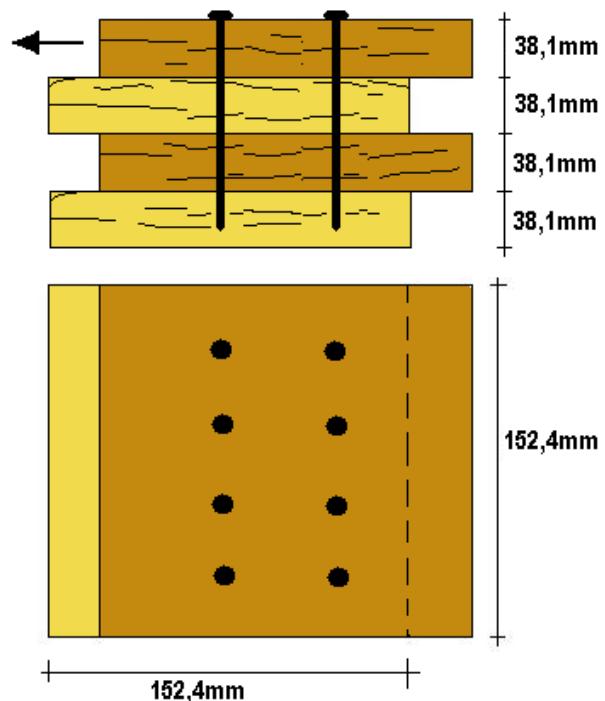
Capacidad de desgarro de un grupo de hileras: **Cumple**

Carga de Diseño: **2126.28 N**

Número de elementos: **4**

6.7.4.- Ejemplo 4: Cizalle Múltiple en Clavos con clavado directo.

- Clavo: 5"
- Diámetro: 5,1 mm.
- Fuerza: 1000 Kg. fuerza
- Ciudad: Osorno.
- Madero central: 1 1/2" x 6"
- Madero lateral: 1 1/2" x 6"
- Roble
- Densidad media: 630 Kg/m³



Datos:

- **Grado estructural:** 2
- **Fuerza solicitante de la unión:** 1000 Kg. fuerza
- **Especie:** Roble
- **Densidad anhidra media:** 630 Kg/m³
- **Ciudad:** Osorno.
- **Humedad Construcción:** 18 %
- **Duración de la Carga:** 50 años
- **Base madero (bc):** 38,1 mm.
- **Diámetro:** 5,1 mm.
- **Penetración:** 12,7 mm.
- **emín Lateral:** 38,1 mm.
- **Angulo Fuerza – Dirección de la fuerza:** 0°
- **Nº planos cizalle (m):** 3
- **Altura de la Viga (h):** 152,4 mm.
- **Número de columnas:** 4
- **Número de filas:** 2
- **Distancia (h1):** 70 mm.
- **Distancia (a):** 82,4 mm.
- **Distancia (Δa):** 41,2 mm.
- **Dirección Fibra:** Perpendicular.
- **Distancia (W):** 92,4 mm.
- **Distancia (ΔW):** 30,8 mm.

- Ingreso de datos en el programa:

Documento sin título - Mozilla Firefox

Archivo Editar Ver Historial Marcadores Herramientas Ayuda

https://dev.haz.cl/paolla/

Google Buscar Marcadores PageRank Corrección ortográfica Traducir Enviar a... Configuración

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Extracción Lateral - Cizalle Multiple Clavos - Clavado Directo

Grado Estructural: 2 Base Madero (bc): 38.1 mm

Fuerza Solicitante: 1000 Kgs Fuerza Diámetro (D): 5.1 mm

Especie: Roble Penetración (P): 12.7 mm

Densidad Anhidra Media: 630 Kg/m³ Espesor Minimo Lateral: 38.1 mm

Ciudad: Osorno Angulo Fibra - Dirección Fz, (o): 0°

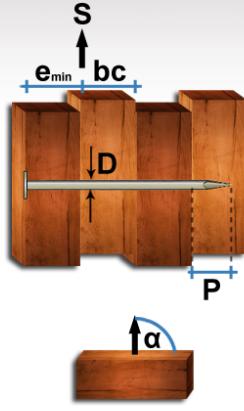
Humedad de Construcción: 18% Planos de Cizalle (m): 3

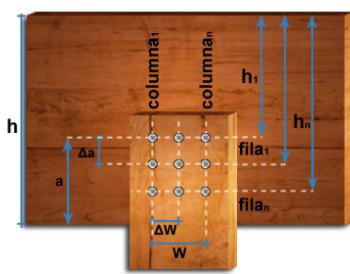
Duración de la Carga: 50 aÑo(s)

Altura de la Viga (h): 152.4 mm Distancia h1: 70 mm Dirección de la Fibra: Perpendicular

Nº de Columnas: 4 Distancia a: 82.4 mm Distancia W: 92.4 mm

Nº de Filas: 2 Distancia Δa: 41.2 mm Distancia ΔW: 30.8 mm





Calcular

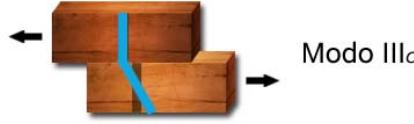
- Pantalla de resultados:

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Resultados

Distancia entre clavos: 25.5 mm
 Distancia desde el borde cargado: 35.7 mm
 Distancia desde el borde descargado: 25.5 mm
 Tracción normal a la fibra admisible: 4637.14 kN
 Fuerza solicitante: 9806.65 N
 Capacidad de tracción en la sección transversal neta: Cumple
 Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión: No Cumple
 Capacidad de desgarro de un grupo de hileras: Cumple
 Carga de Diseño: 624.63 N
 Número de elementos: 15



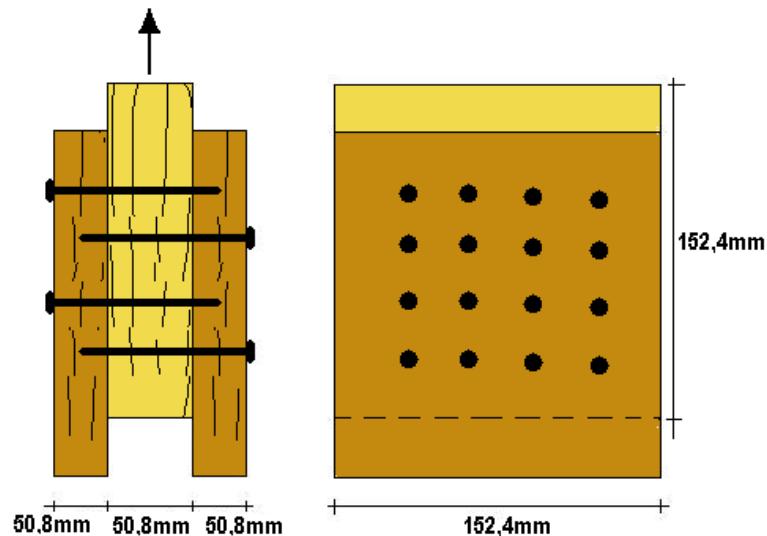
Volver Atrás Volver a Calcular Volver a Extracciones con Clavos

Resultados

Distancia entre clavos:	25.5 mm
Distancia desde el borde cargado:	35.7 mm
Distancia desde el borde descargado:	25.5 mm
Tracción normal a la fibra admisible:	4637.14 kN
Fuerza solicitante:	9806.65 N
Capacidad de tracción en la sección transversal neta:	Cumple
Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión:	No Cumple
Capacidad de desgarro de un grupo de hileras:	Cumple
Carga de Diseño:	624.63 N
Número de elementos:	15

6.7.5.- Ejemplo 5: Cizalle Doble en 3 maderos, con clavado directo.

- Clavo: 5"
- Diámetro: 5,1 mm.
- Fuerza: 1000 Kg. fuerza
- Ciudad: Osorno.
- Madero central: 2" x 6"
- Madero lateral: 2" x 6"
- Roble
- Densidad media: 630 Kg/m³



Datos:

- **Grado estructural:** 2
- **Fuerza solicitante de la unión:** 1000 Kg. fuerza
- **Especie:** Roble
- **Densidad anhidra media:** 630 Kg/m³
- **Ciudad:** Osorno.
- **Humedad Construcción:** 18 %
- **Duración de la Carga:** 50 años
- **Base madero (bc):** 50,8 mm.
- **Diámetro:** 5,1 mm.
- **Penetración:** 25,4 mm.
- **emin lateral:** 50,8 mm.
- **Angulo Fibra – Dirección fza.:** 0°
- **Altura de la Viga (h):** 152,4 mm.
- **Número de columnas:** 4
- **Número de filas:** 4
- **Distancia (h1):** 50 mm.
- **Distancia (a):** 102,4 mm.
- **Distancia (Δa):** 25,6 mm.
- **Dirección Fibra:** Perpendicular.
- **Distancia (W):** 102 mm.
- **Distancia (ΔW):** 34 mm.

- Ingreso de datos en el programa:

Documento sin título - Mozilla Firefox

Archivo Editar Ver Historial Marcadores Herramientas Ayuda

http://dev.hostalia.com/aula/

Google Buscar Marcadores PageRank ABC Corrector Ortográfico Traducir Envíar a Configuración

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Extracción Lateral - Cizalle Doble Asimétricas Clavos - Clavado Directo

Grado Estructural	Base Madero (bc)	Altura de la Viga (h)	Distancia h1	Dirección de la Fibra
2	50.8 mm	152.4 mm	50 mm	Perpendicular
Fuerza Solicitante	Diámetro (D)	Nº de Columnas	Distancia a	Distancia W
1000 Kgs Fuerza	5.1 mm	4	102.4 mm	102 mm
Especie	Penetración (P)	Nº de Filas	Distancia Δa	Distancia ΔW
Roble	25.4 mm	4	25.6 mm	34 mm
Densidad Anhidra Media	Espesor Mínimo Lateral			
630 Kg/m³	50.8 mm			
Ciudad	Angulo Fibra - Dirección Fz. (α)			
Osorno	0 °			
Humedad de Construcción				
18 %				
Duración de la Carga				
50 año(s)				

Diagrama de la Unión:

Diagrama de la Viga:

Botones:

Calcular

- Pantalla de resultados:

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Resultados

Distancia entre clavos: 25.5 mm
 Distancia desde el borde cargado: 35.7 mm
 Distancia desde el borde descargado: 25.5 mm
 Tracción normal a la fibra admisible: 139141.16 kN
 Fuerza solicitante: 9806.65 N
 Capacidad de tracción en la sección transversal neta: Cumple
 Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión: Cumple
 Capacidad de desgarro de un grupo de hileras: Cumple
 Carga de Diseño: 2126.28 N
 Número de elementos: 4

Modo IV:

Volver Atrás Volver a Calcular Volver a Extracciones con Clavos

Resultados

Distancia entre clavos: **25.5 mm**

Distancia desde el borde cargado: **35.7 mm**

Distancia desde el borde descargado: **25.5 mm**

Tracción normal a la fibra admisible: **139141.16 kN**

Fuerza solicitante: **9806.65 N**

Capacidad de tracción en la sección transversal neta: **Cumple**

Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión: **Cumple**

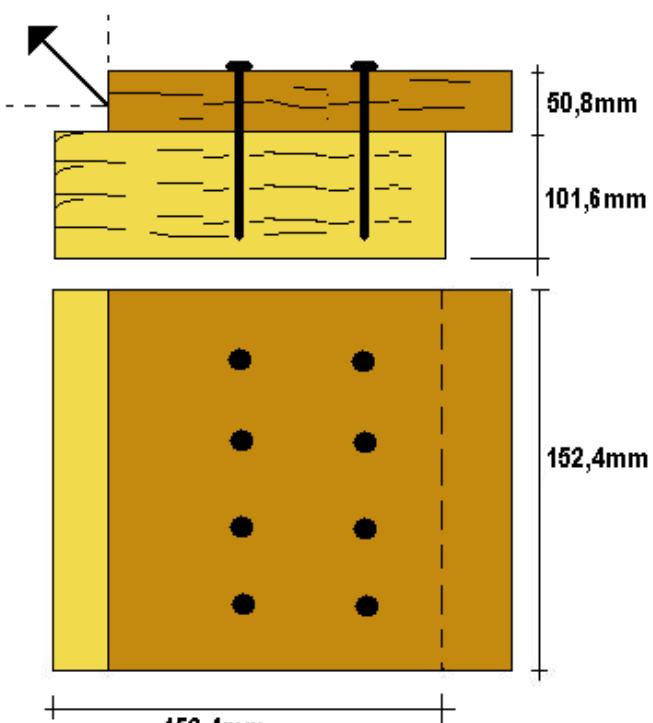
Capacidad de desgarro de un grupo de hileras: **Cumple**

Carga de Diseño: **2126.28 N**

Número de elementos: **4**

6.7.6.- Ejemplo 6: Solitación Combinada en Clavos.

- Clavo: 4"
- Diámetro: 4,3 mm.
- Fuerza: 1000 Kg. Fuerza
- Angulo: 45°
- Ciudad: Osorno.
- Madero central: 2" x 6"
- Madero lateral: 4" x 6"
- Roble
- Densidad media: 630 Kg/m³
- Densidad característica: 527 Kg/ m³



Datos:

- **Grado estructural:** 2
- **Fuerza solicitante de la unión:** 1000 Kg. fuerza
- **Especie:** Roble
- **Densidad anhidra característica:** 527 Kg/m³
- **Densidad anhidra media:** 630 Kg/m³
- **Ciudad:** Osorno.
- **Humedad Construcción:** 18 %
- **Duración de la Carga:** 50 años
- **Base madero (bc):** 101,6 mm.
- **Diámetro:** 4,3 mm.
- **Penetración:** 50,8 mm.
- **emin Lateral:** 50,8 mm.
- **Angulo Fuerza – Dirección de la fuerza:** 45°
- **Altura de la Viga (h):** 152,4 mm.
- **Número de columnas:** 4
- **Número de filas:** 2
- **Distancia (h1):** 70 mm.
- **Distancia (a):** 82,4 mm.
- **Distancia (Δa):** 41,2 mm.
- **Distancia (W):** 92,4 mm.
- **Distancia (ΔW):** 30,8 mm.

- Ingreso de datos en el programa:

Documento sin título - Mozilla Firefox

Archivo Editar Ver Historial Marcadores Herramientas Ayuda

http://dev.hostalia.com/aula/

Google Buscar Marcadores PageRank ABC Corrector Ortográfico a Traducir Envíar a Configuración

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Extracción Combinadas Clavos

Grado Estructural	Base Madero (bc)
2	101.6 mm
Fuerza Solicitante	Diámetro (D)
1000 Kgs Fuerza	4.3 mm
Especie	Penetración (P)
Roble	50.8 mm
Densidad anhidra característica	Espesor Mínimo Lateral
527 Kg/m³	50.8 mm
Densidad anhidra media	Angulo Fibra - Dirección Fz. (α)
630 Kg/m³	45 °
Ciudad	
Osorno	
Humedad de Construcción	
18 %	
Duración de la Carga	
50 años(s)	

S →

- Pantalla de resultados:

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Resultados

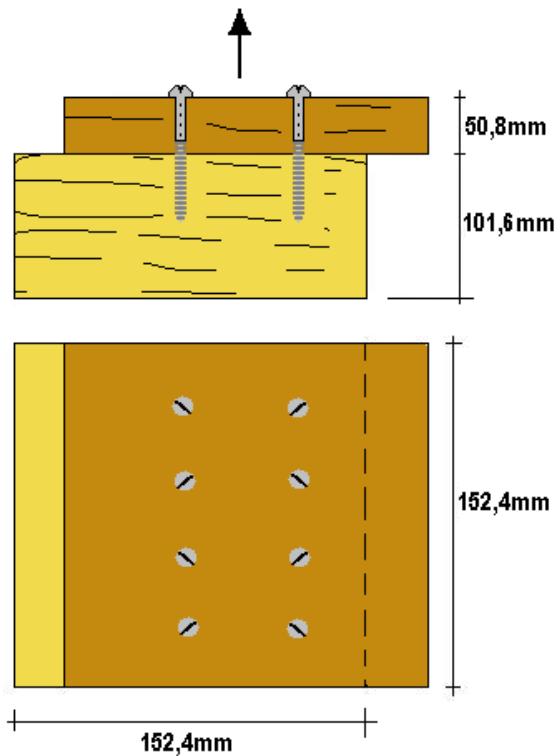
La solicitud combinada: **No cumple**
 Carga admisible de extracción directa: **821.93 N**
 Carga de diseño - Extracción Directa: **779.92**
 Carga de diseño - Extracción Lateral - Cizalle Simple: **808.06**

Resultados

La solicitud combinada: **No cumple**
 Carga admisible de extracción directa: **821.93 N**
 Carga de diseño - Extracción Directa: **779.92**
 Carga de diseño - Extracción Lateral - Cizalle Simple: **808.06**

6.7.7.- Ejemplo 7: Extracción directa de tornillos.

- Tornillo: Nº 14 de 3" (76.2mm)
- Diámetro: 6,2 mm.
- Fuerza: 1000 Kg. fuerza
- Ciudad: Osorno.
- Madero central: 4" x 6"
- Madero lateral: 2" x 6"
- Roble
- Densidad característica: 527 Kg/m³



Datos:

- **Grado estructural:** 2
- **Fuerza solicitante de la unión:** 1000 Kg. fuerza
- **Especie:** Roble
- **Ciudad:** Osorno.
- **Humedad Construcción:** 18 %
- **Duración de la Carga:** 50 años
- **Base madero (bc):** 101,6 mm.
- **Diámetro:** 6,2 mm.
- **Penetración (P):** 25,4 mm.
- **Altura de la Viga (h):** 152,4 mm.
- **Número de columnas:** 4
- **Número de filas:** 2
- **Distancia (h1):** 70 mm.
- **Distancia (a):** 82,4 mm.
- **Distancia (Δa):** 41,2 mm.
- **Distancia (W):** 92,4 mm.
- **Distancia (ΔW):** 30,8 mm.

- Ingreso de datos en el programa:

Documento sin título - Mozilla Firefox

Archivo Editar Ver Historial Marcadores Herramientas Ayuda

http://dev.hxs.cypaola/

Google Buscar Marcadores PageRank Corrección ortográfica Traducir Envíar a... Configuración

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Extracción Directa de Tornillos

Grado Estructural: 2 Base Madero (bc): 101.6 mm

Fuerza Solicitante: 1000 Kgs Fuerza: 6.2 mm

Especie: Roble Penetración (P): 25.4 mm

Ciudad: Osorno

Humedad de Construcción: 18 %

Duración de la Carga: 50 año(s)

Altura de la Viga (h): 152.4 mm Distancia h1: 70 mm Distancia W: 92.4 mm

Nº de Columnas: 4 Distancia a: 82.4 mm Distancia ΔW: 30.8 mm

Nº de Filas: 2 Distancia Δa: 41.2 mm

Calcular

- Pantalla de resultados:

Documento sin título - Mozilla Firefox

Archivo Editar Ver Historial Marcadores Herramientas Ayuda

http://dev.hxs.cypaola/

Google Buscar Marcadores PageRank Corrección ortográfica Traducir

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Resultados

Tracción normal a la fibra admisible: **9274.28 kN**

Fuerza solicitante: **9806.65 N**

Capacidad de tracción de la sección transversal neta: **Cumple**

Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión: **No Cumple**

Capacidad de desgarro de un grupo de hileras: **Cumple**

Carga admisible de extracción directa: **472.44 N**

Carga de Diseño: **448.29 N**

Número de elementos: **22**

Volver Atrás Volver a Calcular Volver a Extracciones con Clavos

Resultados

Tracción normal a la fibra admisible: **9274.28 kN**

Fuerza solicitante: **9806.65 N**

Capacidad de tracción de la sección transversal neta:

Cumple

Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión:

No Cumple

Capacidad de desgarro de un grupo de hileras:

Cumple

Carga admisible de extracción directa:

472.44 N

Carga de Diseño:

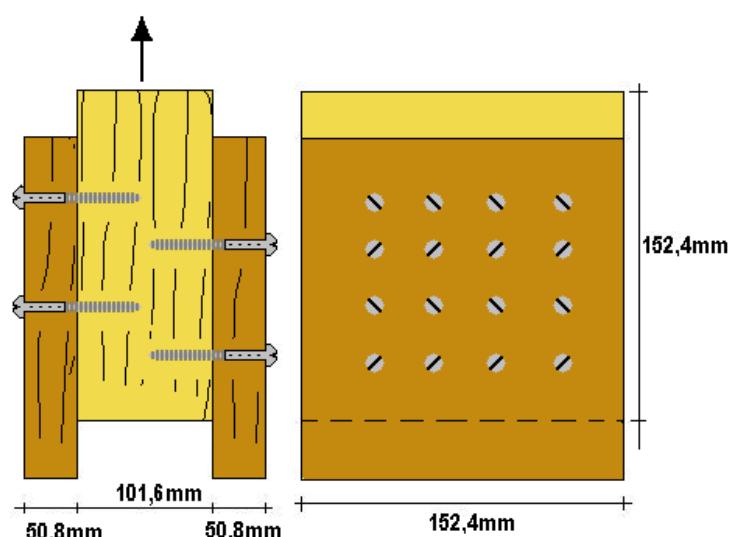
448.29 N

Número de elementos:

22

6.7.8.- Ejemplo 8: Cizalle Simple en Tornillos con perforación guía.

- Tornillo: N° 14 de 3" (76.2mm)
- Diámetro: 6,2 mm.
- Fuerza: 1000 Kg. fuerza
- Ciudad: Osorno.
- Madero central: 4" x 6"
- Madero lateral: 2" x 6"
- Roble
- Densidad media: 630 Kg/m³



Datos:

- **Grado estructural:** 2
- **Fuerza solicitante de la unión:** 1000 Kg. fuerza
- **Especie:** Roble
- **Densidad anhidra media:** 630 Kg/m³
- **Ciudad:** Osorno.
- **Humedad Construcción:** 18 %
- **Duración de la Carga:** 50 años
- **Base madero (bc):** 101,6 mm.
- **Diámetro:** 6,2 mm.
- **Penetración:** 25,4 mm.
- **Largo madero lateral:** 152,4 mm.
- **Largo madero central:** 152,4 mm.
- **Angulo Fibra – Dirección fza.:** 0°
- **Altura de la Viga (h):** 152,4 mm.
- **Número de columnas:** 4
- **Número de filas:** 4
- **Distancia (h1):** 50 mm.
- **Distancia (a):** 102,4 mm.
- **Distancia (Δa):** 25,6 mm.
- **Dirección Fibra:** Perpendicular.
- **Distancia (W):** 102 mm.
- **Distancia (ΔW):** 34 mm.

- Ingreso de datos en el programa:

Documento sin título - Mozilla Firefox

Archivo Editar Ver Historial Marcadores Herramientas Ayuda

http://dev.haz.cl/paola/ Google

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Extracción Lateral - Cizalle Simple Tornillos - Con Perforacion Guia

Grado Estructural	Base Madero (bc)	Altura de la Viga (h)	Dirección de la Fibra
2	101.6 mm	152.4 mm	Perpendicular
Fuerza Solicitante	Diámetro (D)	Distancia h1	
1000 Kgs Fuerza	6.2 mm	50 mm	
Especie	Penetración (P)	Nº de Columnas	Distancia W
Roble	25.4 mm	4	102 mm
Densidad Anhidra Media	Largo Madero Lateral	Nº de Filas	Distancia ΔW
630 Kg/m ³	152.4 mm	4	34 mm
Cludad	Largo Madero Central	Distancia Δa	
Osorno	152.4 mm	25.6 mm	
Humedad de Construcción	Angulo Fibra - Dirección Fzg. (α)	Distancia a	
18 %	0 °	102.4 mm	
Duración de la Carga		h	
50 año(s)		columna ₁	
		columna _n	
		h ₁	
		fila ₁	
		h _n	
		fila _n	
		Δa	
		ΔW	
		W	

Calcular

- Pantalla de resultados:

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Resultados

Distancia entre clavos: 31 mm
 Distancia desde el borde cargado: 31 mm
 Distancia desde el borde descargado: 18.6 mm
 Tracción normal a la fibra admisible: 139141.16 kN
 Fuerza solicitante: 9806.65 N
 Capacidad de tracción en la sección transversal neta: Cumple
 Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión: Cumple
 Capacidad de desgarro de un grupo de hileras: Cumple
 Carga de Diseño: 595.37 N
 Número de elementos: 16

Volver Atrás | Volver a Calcular | Volver a Extracciones con Clavos

Resultados

Distancia entre clavos: 31 mm

Distancia desde el borde cargado: 31 mm

Distancia desde el borde descargado: 18.6 mm

Tracción normal a la fibra admisible: 139141.16 kN

Fuerza solicitante: 9806.65 N

Capacidad de tracción en la sección transversal neta: Cumple

Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión: Cumple

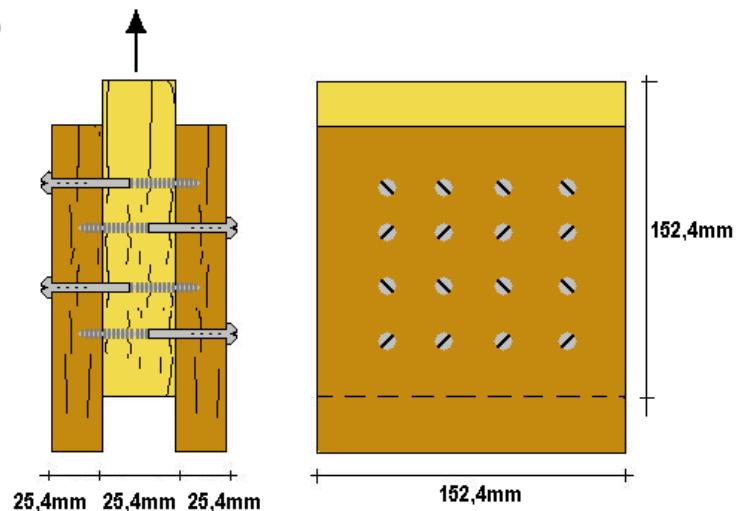
Capacidad de desgarro de un grupo de hileras: Cumple

Carga de Diseño: 595.37 N

Número de elementos: 16

6.7.9.- Ejemplo 9: Cizalle Doble en Tornillos con perforación guía.

- Tornillo: N° 14 de 2 1/2" (63,5mm)
- Diámetro: 6,2 mm.
- Fuerza: 1000 Kg. fuerza
- Ciudad: Osorno.
- Madero central: 1" x 6"
- Madero lateral: 1" x 6"
- Roble
- Densidad media: 630 Kg/m³



Datos:

- **Grado estructural:** 2
- **Fuerza solicitante de la unión:** 1000 Kg. fuerza
- **Especie:** Roble
- **Densidad anhidra media:** 630 Kg/m³
- **Ciudad:** Osorno.
- **Humedad Construcción:** 18 %
- **Duración de la Carga:** 50 años
- **Base madero (bc):** 25,4 mm.
- **Diámetro:** 6,2 mm.
- **Penetración:** 12,7 mm.
- **Largo madero lateral:** 152,4 mm.
- **Largo madero central:** 152,4 mm.
- **Angulo Fibra – Dirección fza.: 0°**
- **Altura de la Viga (h):** 152,4 mm.
- **Número de columnas:** 4
- **Número de filas:** 4
- **Distancia (h1):** 50 mm.
- **Distancia (a):** 102,4 mm.
- **Distancia (Δa):** 25,6 mm.
- **Dirección Fibra:** Perpendicular.
- **Distancia (W):** 102 mm.
- **Distancia (ΔW):** 34 mm.

- Ingreso de datos en el programa:

Documento sin título - Mozilla Firefox

Archivo Editar Ver Historial Marcadores Herramientas Ayuda

http://dev.hst.cl/paola/

Google Buscar Marcadores PageRank ABC Corrector Ortográfico a Traducir Envíar a Configuración

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Extracción Lateral - Cizalle Doble Tornillo - Con Perforación Guía

Grado Estructural	Base Madero (bc)	Altura de la Viga (h)	Dirección de la Fibra
2	25.4 mm	152.4 mm	Perpendicular
Fuerza Solicitante	Diámetro (D)	Nº de Columnas	Distancia a
1000 Kgs Fuerza	6.2 mm	4	102.4 mm
Especie	Penetración (P)	Nº de Filas	Distancia Δa
Roble	12.7 mm	4	25.6 mm
Densidad Anhidra Media	Largo Madero Lateral	Distancia ΔW	Distancia Δw
630 Kg/m ³	152.4 mm	102 mm	34 mm
Ciudad	Largo Madero Central		
Osorno	152.4 mm		
Humedad de Construcción	Angulo Fibra - Dirección Fz, (α)		
18 %	0 °		
Duración de la Carga			
50 año(s)			

Diagrama de Cizalle Doble Tornillo - Con Perforación Guía

Diagrama de la sección transversal de la viga:

Botones:

- Calcular

- Pantalla de resultados:

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Resultados

Distancia entre clavos: 31 mm
 Distancia desde el borde cargado: 31 mm
 Distancia desde el borde descargado: 18.6 mm
 Tracción normal a la fibra admisible: 69570.58 kN
 Fuerza solicitante: 9806.65 N

Capacidad de tracción de la sección transversal neta: Cumple
 Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión: No Cumple
 Capacidad de desgarro de un grupo de hileras: Cumple
 Carga de Diseño: 595.37 N
 Número de elementos: 16

Modo IV:

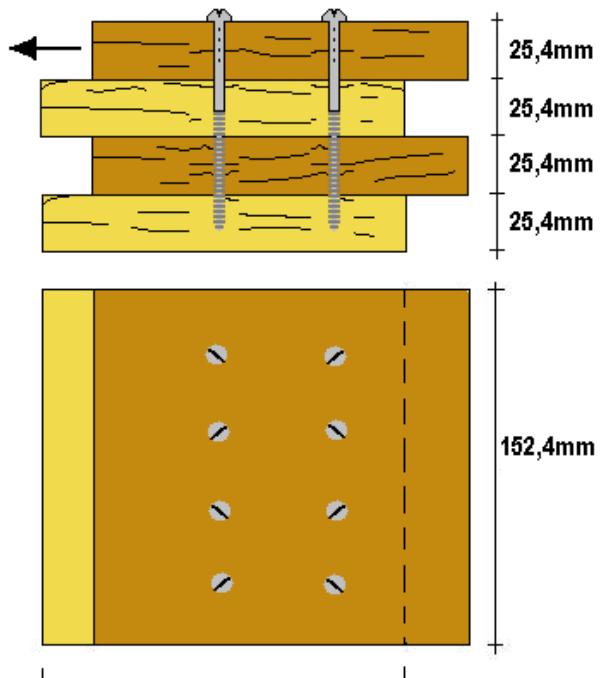
Volver Atrás Volver a Calcular Volver a Extracciones con Clavos

Resultados

Distancia entre clavos: **31 mm**
 Distancia desde el borde cargado: **31 mm**
 Distancia desde el borde descargado: **18.6 mm**
 Tracción normal a la fibra admisible: **69570.58 kN**
 Fuerza solicitante: **9806.65 N**
 Capacidad de tracción en la sección transversal neta: **Cumple**
 Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión: **No Cumple**
 Capacidad de desgarro de un grupo de hileras: **Cumple**
 Carga de Diseño: **595.37 N**
 Número de elementos: **16**

6.7.10.- Ejemplo 10: Cizalle Múltiple en Tornillos con perforación guía.

- Tornillo: Nº 14 de 3 1/2" (88,9mm)
- Diámetro: 6,2 mm.
- Fuerza: 1000 Kg. fuerza
- Ciudad: Osorno.
- Madero central: 1" x 6"
- Madero lateral: 1" x 6"
- Roble
- Densidad media: 630 Kg/m³



Datos:

- **Grado estructural:** 2
- **Fuerza solicitante de la unión:** 1000 Kg. fuerza
- **Especie:** Roble
- **Densidad anhidra media:** 630 Kg/m³
- **Ciudad:** Osorno.
- **Humedad Construcción:** 18 %
- **Duración de la Carga:** 50 años
- **Base madero (bc):** 101,6 mm.
- **Diámetro:** 6,2 mm.
- **Penetración:** 12,7 mm.
- **Nº planos cizalle (m):** 3
- **Largo madero lateral:** 152,4 mm.
- **Largo madero central:** 152,4 mm.
- **Angulo Fibra – Dirección fza.: 0°**
- **Planos de cizalle:** 3
- **Altura de la Viga (h):** 152,4 mm.
- **Número de columnas:** 4
- **Número de filas:** 2
- **Distancia (h1):** 70 mm.
- **Distancia (a):** 82,4 mm.
- **Distancia (Δa):** 41,2 mm.
- **Dirección Fibra:** Perpendicular.
- **Distancia (W):** 92,4 mm.
- **Distancia (ΔW):** 30,8 mm.

- Ingreso de datos en el programa:

Documento sin título - Mozilla Firefox

Archivo Editar Ver Historial Marcadores Herramientas Ayuda

https://dev.haz.cl/paolla/

Google Buscar Marcadores PageRank Corrección ortográfica Traducir Enviar a... Configuración

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Extracción Lateral - Cizalle Multiple Tornillos - Con Perforacion Guia

Grado Estructural	Base Madero (bc)	Altura de la Viga (h)	Dirección de la Fibra
2	101.6 mm	152.4 mm	Perpendicular
Fuerza Solicitante	Diámetro (D)	Distancia h1	
1000 Kgs Fuerza	6.2 mm	70 mm	
Especie	Penetración (P)	Nº de Columnas	Distancia W
Roble	12.7 mm	4	92.4 mm
Densidad Anhidra Media	Largo Madero Lateral	Nº de Filas	Distancia ΔW
630 Kg/m ³	152.4 mm	2	30.8 mm
Ciudad	Largo Madero Central	Distancia a	
Osorno	152.4 mm	82.4 mm	
Humedad de Construcción	Angulo Fibra - Dirección Fza. (α)	Distancia Δa	
18 %	0 °	41.2 mm	
Duración de la Carga	Planos de Cizalle (m)	Distancia Δw	
50 año(s)	3	30.8 mm	

Calcular

- Pantalla de resultados:

Diseño de Uniones Estructurales de Madera mediante Clavos y Tornillos

Inicio Extracciones Acerca de...

Resultados

Distancia entre clavos: 31 mm
 Distancia desde el borde cargado: 31 mm
 Distancia desde el borde descargado: 18.6 mm
 Tracción normal a la fibra admisible: 4637.14 kN
 Fuerza solicitante: 9806.65 N
 Capacidad de tracción en la sección transversal neta: Cumple
 Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión: No Cumple
 Capacidad de desgarro de un grupo de hileras: Cumple
 Carga de Diseño: 595.37 N
 Número de elementos: 16



[Volver Atrás](#) [Volver a Calcular](#) [Volver a Extracciones con Clavos](#)

Resultados

Distancia entre clavos:	31 mm
Distancia desde el borde cargado:	31 mm
Distancia desde el borde descargado:	18.6 mm
Tracción normal a la fibra admisible:	4637.14 kN
Fuerza solicitante:	9806.65 N
Capacidad de tracción en la sección transversal neta:	Cumple
Capacidad de desgarro de una hilera en medios de unión:	No Cumple
Capacidad de desgarro de un grupo de hileras:	Cumple
Carga de Diseño:	595.37 N
Número de elementos:	16

CONCLUSIONES Y RESULTADOS LOGRADOS.

El presente trabajo, cumple con los objetivos señalados, resumiendo de forma ordenada y precisa la información más actualizada respecto al diseño de uniones en madera estructural con elementos mecánicos de unión.

1. Se implementaron exitosamente, según NCh 1198 Of.2006, los tipos de uniones en la madera estructural.
2. Se identificaron claramente los parámetros que influyen en el cálculo de uniones en madera según la NCh 1198 Of.2006.
3. Se crearon algoritmos para cada tipo de unión, que determinaron las conexiones necesarias para cada caso en particular, según las solicitudes.
4. Se logró la creación de una herramienta única en su género, con una plataforma de uso masivo, que puede constituir un avance en el área de software para la ingeniería estructural, cuyo campo, se encuentra aún poco desarrollado en nuestro país.
5. Después de analizar a fondo el tema de uniones en madera con elementos mecánicos de unión, específicamente el tema de clavos y tornillos, se concluye que la norma NCh 1198 Of.2006 aun presenta vacíos y errores impresentables, como el contenido de humedad, el cual se encuentra definido para valores mayores o iguales al 30% y para contenidos de humedades iguales al 12%, pero no se sabe nada de los valores intermedios, vacíos como estos hacen pensar en una cuarta versión de la norma NCh 1198.

BIBLIOGRAFÍA

- Peña y Lillo del Solar, Arturo., “Manual de diseño de uniones en madera”, Prof. guía: Gian Giuliano M., Concepción 1990.
- Villaseñor G., Alejandro, “Diseño automático de uniones en madera con elementos mecánicos de unión según especificaciones de NCh 1198 Of.1991”, Prof. guía: Jorge Crempien L.; Gian Giuliano M., Concepción 1991.
- Wiley and Sons, “American institute of timber construction”, New York, año 1966.
- Hansen, Howard J., “Diseño Moderno de Estructuras de Madera”, México, año 1961.
- Arauco, “Ingeniería y Construcción en Madera”, Santiago, Chile, 2002.
- Bolle, G; Cendoya, P; Dechent, P; Giuliano, M; Otero, S, “Comportamiento cíclico de uniones en estructuras de madera: anillo dentado – placa dentada”, I Jornadas Chilenas de Estructuras de Madera.
- Carvallo, V; Pérez, V, “Manual de Construcción en Madera”, 2° Edición, Instituto Forestal. Corporación de Fomento de la producción, Santiago, Chile, Noviembre 1991.
- Corporación de Fomento de la Producción, Santiago, Chile, Noviembre 1991.
- Guzmán, E; “Curso Elemental de Edificación”, 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.
- Hempel, R; Poblete, M; “Edificación en madera”, Cuaderno Nº 10 Cerchas, Universidad del Bío – Bío, Concepción, 1995.
- Parker, H, “Diseño Simplificado de Estructuras de Madera”, Editorial Limusa S.A de C.V, México D.F, México, 2000.
- Pérez, V, “Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas Chilenas”, Corporación nacional forestal organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, Santiago, Chile, 1983.
- Pérez, V, “Manual de calculo de construcciones en madera”, Volumen II, Instituto forestal, corporación de fomento de la producción, Santiago, Chile, 1990.
- Simpson Strong-Tie Company, Inc., “Catálogo de Conectores Metálicos Estructurales”, 2002.
- Torres, H, “Maderas”, Corporación Chilena de la Madera, Santiago, Chile, 1971.
- NCh 1198 Of.2006. Construcciones en Madera – Cálculo”, Santiago, Chile, año 2006.
- NCh 1198 Of.91 Madera – Construcciones en madera – Cálculo, Santiago, Chile, año 1991.
- NCh 173 Of.74 Madera –Terminología General.
- NCh 174 Of.85 Maderas–Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.
- NCh 177 Of.73 Madera - Planchas de fibras de madera. Especificaciones.
- NCh 178 Of.79 Madera aserrada de pino insigne clasificación por aspecto.
- NCh 992 E Of.74 Madera - Defectos a considerar en la clasificación, terminología y métodos de medición.
- NCh 993 Of.72 Madera- Procedimiento y criterios de evaluación para clasificación.

- NCh 1207 Of.90 Pino Radiata - Clasificación visual para uso estructural -Especificaciones de los grados de calidad.
 - NCh 1989 Of.86 Mod.1988 Madera–Agrupamiento de especies madereras según su resistencia. Procedimiento.
 - NCh 1990 Of.86 Madera–Tensiones admisibles para madera estructural.
-
- <http://www.tulsa.cl/l>.
-
- <http://www.corma.cl>, Corporación Chilena de la madera (CORMA). La construcción de viviendas en madera, Unidad 7, Uniones en la madera.
-
- <http://www.corma.cl>, Corporación Chilena de la madera (CORMA). La construcción de viviendas en madera, unidad 9, Entramados horizontales.
-
- http://www.estructuras.dic.udc.cl/htmlpdf33_comportamiento.pdf
-
- <http://www.huachipato.cl/zincalum/ventajas.htm>.
-
- <http://www.infomadera.net/images16464.pdf>, Estructuras de madera con todas sus piezas coplanarias.
-
- <http://www.arauco.cl/>
-
- <http://www.minvu.cl>, (Ministerio de Vivienda y Urbanismo).
-
- <http://www.lsuagcenter.com>, (Anatomía y física de la madera).
-
- <http://www.inn.cl>, (Instituto Nacional de Normalización).
-
- <http://www.mysql.com>
-
- <http://www.php.net>

ANEXOS

Anexo 1: Factores de modificación (F. M.).

Las capacidades de carga admisible se deben multiplicar por todos los factores de modificación que resulten aplicables en la determinación de las capacidades de carga de diseño de extracción lateral y de extracción directa para cada tipo de medio de unión. La carga efectiva que solicita una unión no podrá exceder la capacidad de carga de diseño de la unión.

Los factores de modificación están relacionados con:

K_D = por duración de carga.

K_{UH} = por contenido de humedad.

K_{UT} = por temperatura.

A.1.1.- Factor de modificación por duración de la carga, K_D .

Las cargas admisibles tabuladas o definidas en esta cláusula son aplicables para cargas de duración normal (10 años). Cuando se consideren cargas de distinta duración, estos valores se deben multiplicar por

$$K_D = \frac{1,747}{t^{0,0464}} + 0,295 \quad (1.1)$$

Donde:

t : duración de la carga, en seg.

- Excepto en uniones en que la capacidad de carga quede condicionada por la resistencia del metal o del hormigón o albañilerías.
- El factor de modificación por impacto (indicado en Anexo G, sección G.3, NCh 1198-2006) no se debe aplicar en el diseño de uniones.
- En aquellos casos en que se combinen cargas de diferente duración, se utilizará el factor de modificación correspondiente a la carga de menor duración.
- El factor de modificación por duración de carga, no afecta al módulo de elasticidad en flexión ni a la tensión admisible de compresión normal a la fibra.

A.1.2.- Factor de modificación por contenido de humedad de la madera, K_{UH}

Las expresiones de las cargas admisibles en esta cláusula son aplicables sobre medios de unión colocados en madera con un contenido de humedad no mayor que 19% y que en servicio se mantiene en esta condición, situación que corresponde a la mayor parte de las construcciones cubiertas. Para uniones en madera que no se ha secado o que se ha secado parcialmente, o cuando las uniones quedan expuesta a condiciones de servicio húmedas, los valores admisibles se deben multiplicar por los factores de modificación K_{UH} señalados en Tabla 2.1.

A.1.3.- Factor de modificación por temperatura, K_{UT}

Cuando las uniones queden expuestas, durante períodos prolongados, a temperaturas de hasta 67 °C los valores admisibles se deben multiplicar por los factores de modificación K_{UT} señalados en Tabla 1.1 Anexo1.

Tabla 1 - Anexo 1 - Factores de modificación por temperatura, K_{UT}

Condición de servicio	K_{UT}		
	$T \leq 38^{\circ}\text{C}$	$38^{\circ}\text{C} < T \leq 52^{\circ}\text{C}$	$52^{\circ}\text{C} < T \leq 67^{\circ}\text{C}$
Seca ¹⁾	1,0	0,8	0,7
Húmeda	1,0	0,7	0,5

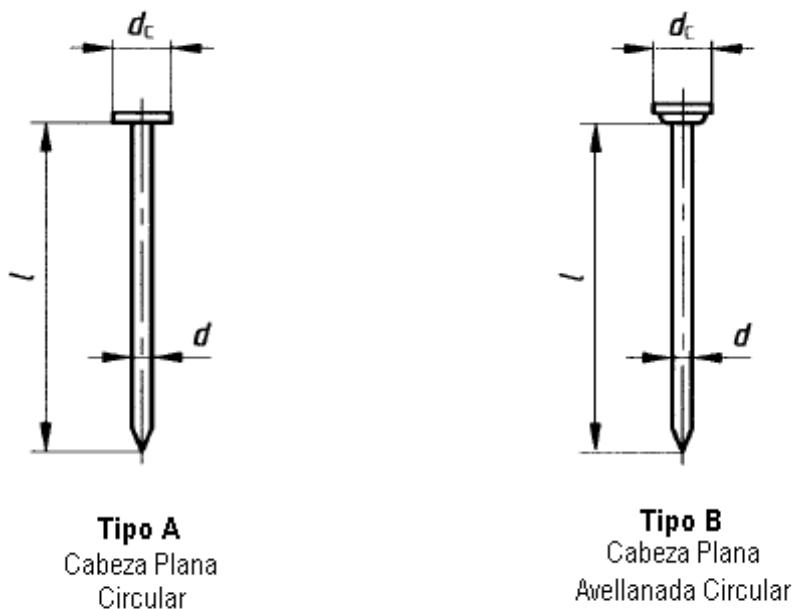
1) Uniones en madera con contenido de humedad 19%, y usada en condiciones permanentemente secas, como es el caso de la mayoría de las construcciones cubiertas.

2) Madera no secada, o parcialmente secada o uniones expuestas a condiciones de servicio húmedas.

(Fuente: NCh 1198-2006)

Anexo 2: Clavos (medidas, dimensiones).

Tabla 1 - Anexo 2.- Tipos, Designación y dimensiones de clavos, según NCh 1269.



Tipo A
Cabeza Plana
Circular

Tipo B
Cabeza Plana
Avellanada Circular

Designación $l \times d$	Largo l mm	Diámetro d mm	Diámetro de Cabeza d_c (mín.) mm	Cantidad de clavos por kilogramo
150 x 5,6	150 ± 5,6	5,6 ± 0,1	13,4	32
125 x 5,1	125 ± 5,1	5,1 ± 0,1	11,9	43
100 x 4,3	100 ± 4,3	4,3 ± 0,1	10,3	80
90 x 3,9	90 ± 3,9	3,9 ± 0,1	8,7	112 - 115
75 x 3,5	75 ± 3,5	3,5 ± 0,1	7,9	158
65 x 3,1	65 ± 3,1	3,1 ± 0,1	7,1	235 - 237
50 x 2,8	50 ± 2,8	2,8 ± 0,05	6,7	362
50 x 2,2	50 ± 2,2	2,2 ± 0,05	6,7	574 - 616
45 x 2,2	45 ± 2,2	2,2 ± 0,05	6,3	656 - 662
40 x 2,2	40 ± 2,2	2,2 ± 0,05	6,3	775
30 x 2,0	30 ± 2,0	2,0 ± 0,05	5,1	1 195
25 x 1,7	25 ± 1,7	1,7 ± 0,05	4,3	1 976 - 2 042
20 x 1,5	20 ± 1,5	1,5 ± 0,05	3,8	3 134 - 3 362
15 x 1,3	15 ± 1,3	1,3 ± 0,05	3,3	5 453 - 6 026

Nota: Con fines de uniformidad en características comunes de los diferentes medios de unión, en esta norma (NCh 1198), el diámetro nominal del clavo "d", se indica como "D".

(Fuente: NCh 1198-2006)

A.2.1.- Características de los Clavos.

Existe una extraordinaria abundancia de clavos, de distintos tipos, formas y nombres, cada cual con su propia aplicación.

Los clavos se fabrican en una amplia gama de largos y tipos. El vástago, que corresponde a la parte que se hunde en el material, se denomina "*espiga*" y el tope superior, generalmente redondeado, es su "*cabeza*". La espiga del clavo es la que determina su capacidad de adherencia; la cabeza, su capacidad de agarre.

Los de cabeza grande agarran más firmemente, pues reparten las fuerzas en una superficie más amplia, mientras que los de cabeza pequeña se pueden introducir mejor dentro de la madera, pero son más difíciles de retirar cuando se quiere desarmar una unión.

Se fabrican en materiales diferentes y se los somete a diversos tratamientos. Los de cobre y aluminio se utilizan donde existe necesidad de eliminar la corrosión y oxidación. Para estos mismos fines se utilizan los clavos de latón, bronce, acero inoxidable y galvanizados.

A.2.2.- Los diferentes vástagos.

- 1) **Clavo común (o de alambre):** llamado también "Punta de París", tiene una espiga lisa y recta. Se utiliza en todo tipo de construcciones, trabajos de albañilería y carpintería gruesa, terminaciones sencillas y, en general en situaciones normales que no requieran mayor adherencia.
- 2) **Con muescas:** las muescas horizontales o diagonales a lo largo de la espiga aumentan su adherencia.
- 3) **Con textura:** la espiga se somete a un tratamiento que le otorga una textura especial que aumenta la resistencia y adherencia del clavo. Hay tres tipos, para seleccionar de acuerdo al material a clavar:
 - **Con estrías anulares:** separan las fibras de la madera, las que -al frenarse en los anillos- se agarran con firmeza e impiden que el clavo se suelte fácilmente; se usan para clavar maderas blandas, contrachapados, aglomerados. Miden entre 12 y 50 mm de largo.
 - **Con estrías en espiral:** giran a medida que se hunden en la madera; sirven para clavar maderas duras, como las de piso, revestimientos y vigas. También se usan para construcción de pallets.
 - **Con estrías verticales:** sus estrías le sirven para cortar el material que atraviesan y aumentar su resistencia; se usan para clavar sobre albañilerías y hormigón.

Fig. Nº 1 - Anexo 2 -- Tipos de puntas de Clavos.

A) Larga y Aguda, B) Común, C) Sin Punta y D) Aguzada Despuntada



(Fuente: elaboración personal).

Fig. Nº 2 – Anexo 2 – Tipos de Vástagos de Clavos.

A) Estriado, B) Liso, C) Moleteado y D) Espiralado.



(Fuente: elaboración personal).

A.2.3.- Los tipos de “cabezas” más usadas.

- 1) **Cabeza plana:** a veces lleva un entramado diagonal; aunque afirman bien, se disimulan con dificultad y tienden a rajar la madera.
- 2) **Cabeza ovalada:** una pequeña cabeza sirve de tope, quedando a ras de la superficie; se utiliza en clavos de terminación, para carpintería en situaciones en donde se requiere dejar las cabezas cubiertas.
- 3) **Cabeza reducida:** similares a los de cabeza ovalada, los clavos con cabeza reducida suelen reemplazarlos debido a que son más resistentes y a que su cabeza se embute más fácilmente.

- 4) **Cabeza de copa:** diseñadas para clavos para planchas de yeso-cartón; no cortan el cartón de la superficie de la plancha y produce una depresión de forma regular, fácil de disimular rellenándola con base para junturas.
- 5) **Cabeza cónica:** se emplean para fijación de tableros manufacturados.
- 6) **Puntas:** muy delgadas, su cabeza cónica, apenas insinuada, no agrieta la madera. Se usan en carpintería fina y cuando se quiere conseguir uniones casi invisibles. Especial para fijar tableros, paneles de madera terciada, puertas y ventanas, rodones, molduras y chapas.
- 7) **Cabeza cortada:** de formas rectas (no redondeada), se fabrican a partir de una chapa metálica (no alambre); se usan para fijación de entarimados de piso, pues sujetan firmemente y no suelen rajear la madera.
- 8) **Clavos de espigas:** no tienen cabeza, sólo su espiga con 2 puntas (una a cada lado); se emplean en uniones de tope y ocultas. Se introduce una de las puntas en una de las piezas (hasta la mitad del clavo) y se clava luego la otra punta (la que quedó sobresaliendo) en la segunda pieza.

Fig. Nº 3 – Anexo 2 – Tipos de Cabeza.

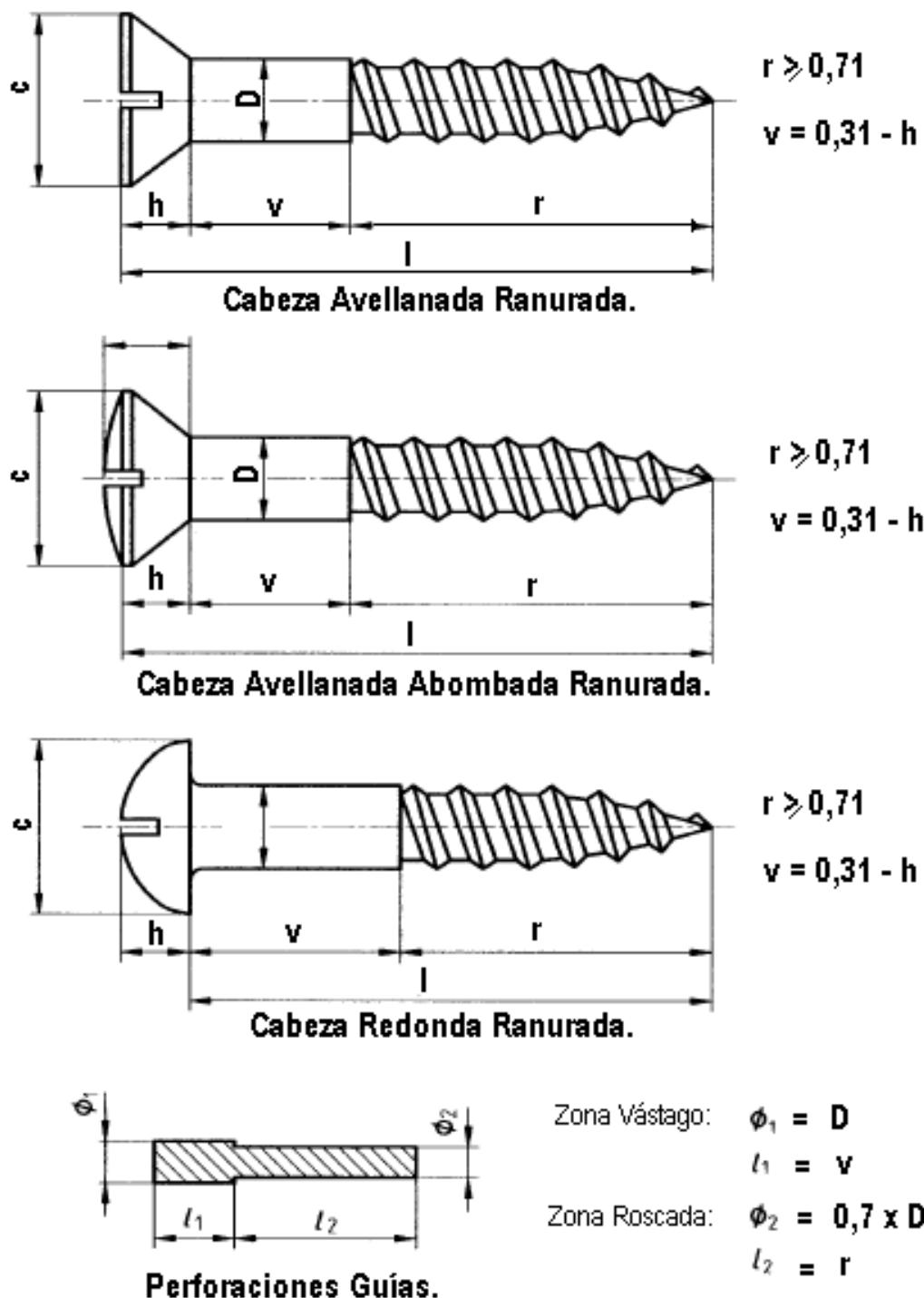


(Fuente: elaboración personal).

Dentro de la gran cantidad de clavos existentes, la norma NCh 1198 Of.2006 considera para uniones clavadas solo el empleo de clavos comunes fabricados según NCh 1269.

Anexo 3: Tornillos (medidas, dimensiones).

A.3.1.- Características generales.



(Fuente: NCh 1198-2006)

A.3.2.- Dimensiones de los tornillos para madera.

		Nº	8	9	10	12	14	16	18	20	24	
		D	4,2	4,5	4,8	5,5	6,2	6,8	7,5	8,1	9,5	
Largo nominal l	mm	Cabeza avellanada y avellanada abombada										
		c	8,4	9,1	9,8	11,1	12,9	13,8	16,1	16,5	19,4	
		h	2,5	2,7	3,0	3,4	3,9	4,2	4,9	5,0	5,8	
		h ₁	3,9	4,2	4,5	5,1	5,9	6,3	7,4	7,5	8,8	
Cabeza redonda												
Pulg.	mm	c	7,9	8,5	9,1	10,4	11,6	12,9	14,1	15,3	17,8	
		h	3,0	3,3	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,6	6,6	
3/4	19,1		x	x	x	x	x	-	-	-	-	
1	25,4		x	x	x	x	x	x	-	-	-	
1 1/4	31,8		x	x	x	x	x	x	x	x	-	
1 1/2	38,1		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1 3/4	44,4		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2	50,8		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2 1/2	63,5		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
3	76,2		-	x	x	x	x	x	x	x	x	
3 1/2	88,9		-	-	x	x	x	x	x	x	x	
4	101,6		-	-	x	x	x	x	x	x	x	

(Fuente: NCh 1198-2006)

Anexo 4: Procedimientos para los diversos tipos de extracción.

A.4.1.- Extracción Directa.

A CLAVOS (para clavos colocados con su eje perpendicular o normal a las fibras)

A1 Carga admisible de extracción directa (kN):

$$P_{ed,ad} = 9 \cdot \rho_{o,k}^{5/2} \cdot D^{3/2} \cdot p \cdot 10^{-3} \text{ [kN]}$$

$\rho_{o,k}$ = densidad anhidrida característica, en g/cm³.

p = penetración del clavo en la pieza de madera que recibe la punta de él, en mm.

D = diámetro del clavo, en mm.

Factores de Modificación

K_D = F.M. por duración de carga.

K_{UH} = F.M. por contenido de humedad.

K_{UT} = F.M. por temperatura.

A2 Carga de diseño (kN)

$$P_{ed,dis} = P_{ed,ad} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT}$$

A3 Número de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{ed,dis}}$$

Observación:

- 1) Para clavos colocados con su eje paralelo a las fibras

NO DEBEN SER CONSIDERADO EN EL CALCULO ESTRUCTURAL!!!!!!

B TORNILLOS (para tornillos colocados con su eje perpendicular o normal a las fibras)

B1 Carga admisible de extracción directa (kN):

$$P_{ed,ad} = 3 \cdot p_r \cdot D \cdot 10^{-3} \text{ (kN)}$$

B2 Carga de diseño (kN)

$$P_{ed,dis} = P_{ed,ad} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT}$$

B3 Número de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{ed,dis}}$$

Observación:

- 1) $4 \cdot D \leq p_r \leq 12 \cdot D$ para efectos de cálculo no se aceptan profundidades de atornillado que superen este rango.

- 2) Para tableros de fibra el espesor debe ser mayor o igual a 12mm.

Para espesores menores, la capacidad admisible a extracción directa se limita a 0,150kN

- 3) Para tornillos colocados con su eje paralelo a las fibras

NO DEBEN SER CONSIDERADO EN EL CALCULO ESTRUCTURAL!!!!!!

A.4.2.- Extracción Lateral en cizalle simple.

EXTRACCION LATERAL EN CIZALLE SIMPLE PARA CLAVOS.

A1 CLAVADO DIRECTO.

1) Se debe comprobar 2 cosas:

a) $e_{\min} \geq 7 \cdot D$

a1) Si cumple: $L_c = \min(b_c, p)$ (mínimo valor entre b_c y p)
 $L_c = e_{\min}$
 $L_c = \text{largo pasador en madero central}$
 $L_l = \text{largo pasador en madero lateral}$

a2) NO cumple: Cambiar diámetro (D)

b) $p \geq 12 \cdot D$

b1) Si cumple: Usar el mayor valor entre p y $12D$

b2) NO cumple: Calcular

$$K_{pct} = \frac{P}{12 \cdot D}$$

El cual debe modificar a la carga admisible obtenida al final.

$$P_{el,ad} = P_{el} \cdot K_{pct}$$

2.1) Para diámetros menores a 6,4mm ($D < 6,4\text{mm}$) se debe calcular:

$$2.1.1 R_{ap} = 115 \cdot (\rho_0 / 1000)^{1,84} \quad \text{MPa}$$

$$2.1.2 F_{ff} = 896 - 58 \cdot D \quad [\text{MPa}]$$

$$2.1.3 R_e = \frac{R_{ap,c}}{R_{ap,l}} \quad **R_{ap} = R_{ap,c} = R_{ap,l}$$

$$2.1.4 R_t = \frac{l_c}{l_l}$$

e_{min}	= espesor mínimo lateral (mm)
p	= penetración del clavo en la pieza de madera que recibe la punta de él. (mm)
b o b_c	= base de la pieza de madera (mm) o espesor madero central (mm)
D	= diámetro del elemento de unión (mm) (clavo o tornillo)
p₀	= Densidad anhidra media (Kg/m ³)
S	= fuerza solicitante de la unión.
α	= ángulo que forma la fibra con la dirección de la fuerza.
amax	= máxima desangulación entre la dirección de la fuerza y de la fibra de cualquier pieza en la unión ($0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$)

2.2) Si el diámetro está entre 4,3mm y 6,4mm (4,3 < D < 6,4) además se debe calcular: (según tabla 36, pag.108)

$$K_d = \frac{10 \cdot D + 12,7}{25,4}$$

Lo que implica que:

$$F_A = K_d$$

2.3) Y si el diámetro es menor o igual a 4,3mm ($D \leq 4,3\text{mm}$):

$$K_d = 2,2$$

$$F_A = K_d$$

3) Con estos datos se calcula ahora los k:

$$3.1 k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2R_e^2 \cdot (1 + R_t + R_t^2) + R_t^2 \cdot R_e^3} - R_e \cdot (1 + R_t)}{1 + R_e}$$

$$3.2 k_2 = -1 + \sqrt{2 \cdot (1 + R_e) + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (1 + 2 \cdot R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_c^2}}$$

$$3.3 k_3 = -1 + \sqrt{\frac{2 \cdot (1 + R_e)}{R_e} + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (2 + R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_l^2}}$$

4) Conociendo ya todos estos factores, se pueden calcular los modos de fluencia para cizalle simple:

4.1 Modo I_c

$$P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{FA}$$

4.2 Modo I_l

$$P_{el} = \frac{D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA}$$

4.3 Modo II

$$P_{el} = \frac{k_1 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA}$$

4.4 Modo III_c

$$P_{el} = \frac{k_2 \cdot D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{(1 + 2 \cdot R_e) \cdot FA}$$

4.5 Modo III_l

$$P_{el} = \frac{k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,c}}{(2 + R_e) \cdot FA}$$

4.6 Modo IV

$$P_{el} = \frac{D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap,c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}}$$

5) Se elige la Capacidad de carga admisible Pel menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el Pel obtenido de los modos por el Kpct calculado

6) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = P_{el} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT}$$

7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

8) Los espaciamientos mínimos de clavos de diámetro D esta dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separación mínima		Clavado Directo			
		$0^\circ \leq \alpha < 30^\circ$		$30^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	
		$D \leq 4,2$	$D > 4,2$	$D \leq 4,2$	$D > 4,2$
Entre clavos	II a fibra (Sp)	10 · D	12 · D	10 · D	12 · D
	⊥ a fibra (Sn)	5 · D	5 · D	5 · D	5 · D
Desde el borde	II a fibra (Sbcp)	15 · D	15 · D	15 · D	15 · D
	⊥ a fibra (Sbcn)	5 · D	7 · D	7 · D	10 · D
Desde el borde	II a fibra (Sbdp)	7 · D	10 · D	7 · D	10 · D
	⊥ a fibra (Sbdn)	5 · D	5 · D	5 · D	5 · D

EXTRACCION LATERAL EN CIZALLE SIMPLE PARA CLAVOS.

B1 CON PERFORACION GUIA.

1) Se debe comprobar 2 cosas:

a) $e_{\min} \geq 6 \cdot D$

a1) Si cumple: $L_c = \min(bc, p)$ (minimo valor entre bc y p)
 $LL = e_{\min}$
 $Lc = \text{largo pasador en madero central}$
 $LL = \text{largo pasador en madero lateral}$

a2) NO cumple: Cambiar diametro (D)

b) $p \geq 12 \cdot D$

b1) SI cumple: Usar el mayor valor entre p y 12D

b2) NO cumple: Calcular

$$K_{pct} = \frac{P}{12 \cdot D}$$

El cual debe modificar a la carga admisible obtenida al final.

$$P_{el,ad} = P_{el} \cdot K_{pct}$$

2.1) Para diametros menores a 6,4mm ($D < 6,4\text{mm}$) se debe calcular:

2.1.1 $R_{ap} = 115 \cdot (\rho_o / 1000)^{1,84} \quad \text{MPa}$

2.1.2 $F_f = 896 - 58 \cdot D \quad [\text{MPa}]$

2.1.3 $R_e = \frac{R_{ap,c}}{R_{ap,l}}$ **Rap = Rap,c = Rap,l

2.1.4 $R_t = \frac{l_c}{l_l}$

e_{min}	= espesor minimo lateral (mm)
p	= penetracion del clavo en la pieza de madera que recibe la punta de él. (mm)
b o bc	= base de la pieza de madera (mm) o espesor madero central (mm)
D	= diametro del elemento de unión (mm) (clavo o tornillo)
p0	= Densidad anhidra media (Kg/m ³)
S	= fuerza solicitante de la unión.
α	= angulo que forma la fibra con la direccion de la fuerza.
αmax	= maxima desangulacion entre la direccion de la fuerza y de la fibra de cualquier pieza en la unión ($0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$)

2.2) Si el diametro esta entre 4,3mm y 6,4mm ($4,3 < D < 6,4$) ademas se debe calcular: (según tabla 36, pag.108)

$$K_d = \frac{10 \cdot D + 12,7}{25,4}$$

Lo que implica que:

$$FA = Kd$$

2.3) Y si el diametro es menor o igual a 4,3mm ($D \leq 4,3\text{mm}$):

$$Kd = 2,2$$

$$FA = Kd$$

3) Con estos datos se calcula ahora los k:

3.1 $k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2R_e^2 \cdot (1 + R_t + R_t^2) + R_t^2 \cdot R_e^3} - R_e \cdot (1 + R_t)}{1 + R_e}$

3.2 $k_2 = -1 + \sqrt{2 \cdot (1 + R_e) + \frac{2 \cdot F_f \cdot (1 + 2 \cdot R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_c^2}}$

3.3 $k_3 = -1 + \sqrt{\frac{2 \cdot (1 + R_e)}{R_e} + \frac{2 \cdot F_f \cdot (2 + R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_l^2}}$

4) Conociendo ya todos estos factores, se pueden calcular los modos de fluencia para cizalle simple:

4.1 Modo I_c

$$P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{FA}$$

4.2 Modo I_l

$$P_{el} = \frac{D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA}$$

4.3 Modo II

$$P_{el} = \frac{k_1 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA}$$

4.4 Modo III_c

$$P_{el} = \frac{k_2 \cdot D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{(1 + 2 \cdot R_e) \cdot FA}$$

4.5 Modo III_l

$$P_{el} = \frac{k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,c}}{(2 + R_e) \cdot FA}$$

4.6 Modo IV

$$P_{el} = \frac{D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap,c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}}$$

5) Se elige la Capacidad de carga admisible Pel menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el Pel obtenido de los modos por el Kpct calculado

6) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = P_{el} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT}$$

7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

8) Los espaciamientos minimos de clavos de diametro D esta dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separacion minima		Clavado con perforacion guía
		Para cualquier a
		Para cualquier D
Entre clavos	II a fibra (Sp)	$5 \cdot D$
	⊥ a fibra (Sn)	$5 \cdot D$
Desde el borde	II a fibra (Sbcp)	$10 \cdot D$
	⊥ a fibra (Sbcn)	$5 \cdot D$
Desde el borde	II a fibra (Sbdp)	$5 \cdot D$
	⊥ a fibra (Sbdn)	$3 \cdot D$

EXTRACCION LATERAL EN CIZALLE SIMPLE PARA TORNILLOS.

B CON PERFORACION GUIA.

- * Esto es valido, solo para tornillos con $D \geq 4\text{mm.}$, cuyas caracteristicas se indican en Anexo L pag. 175 y 176.
- * Cuando el $D < 10\text{mm.}$ Se debe constar de al menos 4 tornillos.
- * Cuando el $D \geq 10\text{mm.}$ Se debe constar de al menos 2 tornillos.

1) Se debe comprobar que:

a) $P \geq 8 \cdot D$

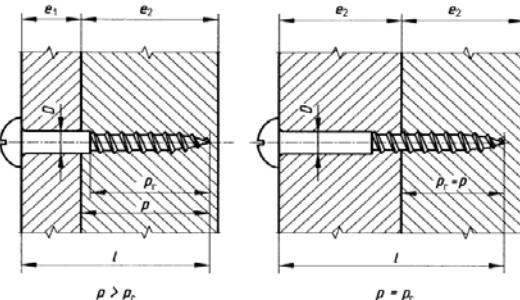
a1) Si cumple: Usar el mayor valor entre p y $8D$

a2) NO cumple: Calcular

$$K_{pct} = \frac{P}{8 \cdot D}$$

El cual debe modificar la carga admisible obtenida al final.

$$P_{el,ad} = P_{el} \cdot K_{pct}$$



2) Se calculan:

2.1 $R_{ap} = 115 \cdot (\rho_o / 1000)^{1.84} \quad \text{MPa}$

2.2 $F_{ff} = 896 - 58 \cdot D \quad [\text{MPa}]$

2.3 $R_e = \frac{R_{ap,c}}{R_{ap,l}}$ **Rap = Rap,c = Rap,l

2.4 $R_t = \frac{l_c}{l_l}$

2.5 $k_\alpha = 1 + \frac{\alpha_{max}}{360^\circ}$

p	= penetracion de atornillado en la pieza de madera que recibe la punta de él. (mm)
D	= diametro del elemento de unión (mm) (clavo o tornillo)
p0	= Densidad anhidra media (Kg/m³)
S	= fuerza solicitante de la unión.

αmax = maxima desangulacion entre la direccion de la fuerza y de la fibra de cualquier pieza en la union ($0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$)

3) Con estos datos se calcula ahora los k:

3.1 $k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2R_e^2 \cdot (1 + R_t + R_e^2) + R_t^2 \cdot R_e^3} - R_e \cdot (1 + R_t)}}{1 + R_e}$

3.2 $k_2 = -1 + \sqrt{2 \cdot (1 + R_e) + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (1 + 2 \cdot R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_c^2}}$

3.3 $k_3 = -1 + \sqrt{\frac{2 \cdot (1 + R_e)}{R_e} + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (2 + R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_l^2}}$

4) Ahora para calcular los modos de fluencia, se debe conocer el FA, el cual va a variar según el diámetro del tornillo:

4.1) Para diámetro entre $6,4\text{mm} \leq D \leq 25\text{mm}$:

$$\left. \begin{array}{l} 4.1.1 \text{ Modo } I_c \quad P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{FA} \\ 4.1.2 \text{ Modo } I_l \quad P_{el} = \frac{D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA} \\ \text{Modo } II \quad P_{el} = \frac{k_1 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA} \\ 4 \end{array} \right\}$$

$FA = 4 \times k_a$ (según tabla 36, pag. 108)

$FA = 3,6 \times k_a$ (según tabla 36, pag. 108)

$$\left. \begin{array}{l} 4.1.4 \text{ Modo } III_c \quad P_{el} = \frac{k_2 \cdot D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{(1 + 2 \cdot R_e) \cdot FA} \\ \text{Modo } III_l \quad P_{el} = \frac{k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,c}}{(2 + R_e) \cdot FA} \\ \text{Modo } IV \quad P_{el} = \frac{D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap,c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}} \end{array} \right\}$$

$FA = 3,6 \times k_a$ (según tabla 36, pag. 108)

5) Se elige la Capacidad de carga admisible P_{el} menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el P_{el} obtenido de los modos por el K_{pct} calculado

6) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = P_{el} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT}$$

7) Y por último se calcula el número de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

8) Los espaciamientos mínimos de tornillos de diámetro D están dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separación mínima	Clavado con perforación guía	
	Para cualquier α	
	Para cualquier D	
Entre clavos	II a fibra (Sp)	$5 \cdot D$
	— a fibra (Sn)	$5 \cdot D$
Desde el borde	II a fibra (Sbcp)	$10 \cdot D$
	— a fibra (Sbcn)	$5 \cdot D$
Desde el borde	II a fibra (Sbdp)	$5 \cdot D$
	— a fibra (Sbdn)	$3 \cdot D$

- 4.2) Si el diametro esta entre $4.3 < D < 6.4$ se debe calcular: (según tabla 36, pag.108)

$$* \quad K_d = \frac{10 \cdot D + 12.7}{25.4}$$

* Donde FA = Kd

* Conociendo ya todos estos factores, se pueden calcular los modos de fluencia para cizalle simple:

4.2.1 Modo I_c $P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{FA}$

4.2.2 Modo I_l $P_{el} = \frac{D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA}$

4.2.3 Modo II $P_{el} = \frac{k_1 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA}$

4.2.4 Modo III_c $P_{el} = \frac{k_2 \cdot D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{(1 + 2 \cdot R_e) \cdot FA}$

4.2.5 Modo III_l $P_{el} = \frac{k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,c}}{(2 + R_e) \cdot FA}$

4.2.6 Modo IV $P_{el} = \frac{D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap,c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}}$

- 5) Se elige la Capacidad de carga admisible Pel menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el Pel obtenido de los modos por el Kpct calculado

- 6) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = P_{el} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT}$$

- 7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

- 8) Los espaciamientos minimos de tornillos de diametro D esta dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separacion minima		Clavado con perforacion guía
		Para cualquier α
		Para cualquier D
Entre clavos	a fibra (Sp)	5 · D
	⊥ a fibra (Sn)	5 · D
Desde el borde	a fibra (Sbcp)	10 · D
	⊥ a fibra (Sbcn)	5 · D
Desde el borde	a fibra (Sbdp)	5 · D
	⊥ a fibra (Sbdn)	3 · D

4.3) Si el diametro es $D \leq 4,3\text{mm}$:

* $K_d = 2,2$

* Donde $FA = K_d$

* Conociendo ya todos estos factores, se pueden calcular los modos de fluencia para cizalle simple:

4.2.1 Modo I_c

$$P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{FA}$$

4.2.2 Modo I_l

$$P_{el} = \frac{D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA}$$

4.2.3 Modo II

$$P_{el} = \frac{k_1 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA}$$

4.2.4 Modo III_c

$$P_{el} = \frac{k_2 \cdot D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{(1 + 2 \cdot R_e) \cdot FA}$$

4.2.5 Modo III_l

$$P_{el} = \frac{k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,c}}{(2 + R_e) \cdot FA}$$

4.2.6 Modo IV

$$P_{el} = \frac{D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap,c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}}$$

5) Se elige la Capacidad de carga admisible P_{el} menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el P_{el} obtenido de los modos por el K_{pct} calculado

6) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = P_{el} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT}$$

7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

8) Los espaciamientos minimos de tornillos de diametro D esta dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separacion minima		Clavado con perforacion guia
		Para cualquier a
		Para cualquier D
Entre clavos	a fibra (Sp)	5 · D
	⊥ a fibra (Sn)	5 · D
Desde el borde	a fibra (Sbcn)	10 · D
	⊥ a fibra (Sbdn)	5 · D
Desde el borde	a fibra (Sbdp)	5 · D
	⊥ a fibra (Sbdn)	3 · D

A.4.3.- Extracción Lateral en cizalle doble.

EXTRACCION LATERAL EN CIZALLE DOBLE PARA CLAVOS.

A1 CLAVADO DIRECTO.

1) Se debe comprobar 2 cosas:

a) $e_{\min} \geq 7 \cdot D$

b) $p \geq 8 \cdot D$

a1) Si cumple: $L_c = \min(b_c, p)$ (minimo valor entre b_c y p)
 $L_c = e_{\min}$
 $L_c = \text{largo pasador en madero central}$
 $L_c = \text{largo pasador en madero lateral}$

a2) NO cumple: Cambiar diametro (D)

b1) Si cumple: Usar el mayor valor entre p y $12D$

b2) NO cumple: Calcular

$$K_{pct} = \frac{P}{8 \cdot D}$$

El cual debe modificar a la carga admisible obtenida al final.

$$P_{el,ad} = P_{el} \cdot K_{pct}$$

2.1) Para diametros menores a 6,4mm ($D < 6,4\text{mm}$) se debe calcular:

$$2.1.1 \quad R_{ap} = 115 \cdot (\rho_o / 1000)^{1.84} \quad \text{MPa}$$

$$2.1.2 \quad F_f = 896 - 58 \cdot D \quad [\text{MPa}]$$

$$2.1.3 \quad R_e = \frac{R_{ap,c}}{R_{ap,l}} \quad \text{**Rap} = \text{Rap,c} = \text{Rap,I}$$

$$2.1.4 \quad R_t = \frac{l_c}{l_l}$$

2.2) Si el diametro esta entre 4,3mm y 6,4mm ($4,3 < D < 6,4$) ademas se debe calcular: (según tabla 36, pag.108)

$$K_d = \frac{10 \cdot D + 12.7}{25.4}$$

* Lo que implica que:
 $FA = Kd$

2.3) Y si el diametro es menor o igual a 4,3mm ($D \leq 4,3\text{mm}$):

$$Kd = 2,2$$

$$FA = Kd$$

3) Con estos datos se calcula ahora los k:

$$3.1 \quad k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2R_e^2 \cdot (1 + R_t + R_t^2) + R_t^2 \cdot R_e^3} - R_e \cdot (1 + R_t)}{1 + R_e}$$

$$3.2 \quad k_2 = -1 + \sqrt{2 \cdot (1 + R_e) + \frac{2 \cdot F_f \cdot (1 + 2 \cdot R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_c^2}}$$

$$3.3 \quad k_3 = -1 + \sqrt{\frac{2 \cdot (1 + R_e)}{R_e} + \frac{2 \cdot F_f \cdot (2 + R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_l^2}}$$

e_{\min}	=	espesor minimo lateral (mm)
p	=	penetracion del clavo en la pieza de madera que recibe la punta de él. (mm)
b o b_c	=	base de la pieza de madera (mm) o espesor madero central (mm)
D	=	diametro del elemento de unión (mm) (clavo o tornillo)
ρ_0	=	Densidad anhidra media (Kg/m^3)
S	=	fuerza solicitante de la unión.
α	=	angulo que forma la fibra con la direccion de la fuerza.
α_{\max}	=	maxima desangulacion entre la direccion de la fuerza y de la fibra de cualquier pieza en la unión ($0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$)

4) Conociendo ya todos estos factores, se pueden calcular los modos de fluencia para cizalle doble:

4.1 Modo I_c

$$P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{FA}$$

4.2 Modo I_l

$$P_{el} = \frac{2 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{2 \cdot K_\alpha}$$

4.3 Modo III_l

$$P_{el} = \frac{2 \cdot k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,c}}{(2 + R_e) \cdot FA}$$

4.4 Modo IV

$$P_{el} = \frac{2 \cdot D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap,c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}}$$

5) Se elige la Capacidad de carga admisible Pel menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el Pel obtenido de los modos por el Kpct calculado

6.1) En cizalle multiple la capacidad admisible de cada clavo, se calcula de acuerdo a la expresion:

$$P_{elm,ad} = (m - 0.25) \cdot P_{el,ad} \quad \text{donde } m = \text{planos de cizalle.}$$

6.2) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = P_{elm,ad} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT}$$

7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

8) Los espaciamientos minimos de clavos de diametro D esta dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separacion minima		Clavado Directo			
		$0^\circ \leq \alpha < 30^\circ$		$30^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	
		$D \leq 4,2$	$D > 4,2$	$D \leq 4,2$	$D > 4,2$
Entre clavos	II a fibra (Sp)	10 · D	12 · D	10 · D	12 · D
	⊥ a fibra (Sn)	5 · D	5 · D	5 · D	5 · D
Desde el borde	II a fibra (Sbcp)	15 · D	15 · D	15 · D	15 · D
	⊥ a fibra (Sbcn)	5 · D	7 · D	7 · D	10 · D
Desde el borde	II a fibra (Sbdp)	7 · D	10 · D	7 · D	10 · D
	⊥ a fibra (Sbdn)	5 · D	5 · D	5 · D	5 · D

EXTRACCION LATERAL EN CIZALLE DOBLE PARA CLAVOS.

B1 CON PERFORACION GUIA.

- 1) Se debe comprobar 2 cosas:
 a) $e_{min} \geq 4 \cdot D$

a1) Si cumple: $L_c = \min(bc, p)$ (minimo valor entre bc y p)
 $LL = e_{min}$
 $L_c = \text{largo pasador en madero central}$
 $LL = \text{largo pasador en madero lateral}$

a2) NO cumple: Cambiar diametro (D)

- b) $p \geq 8 \cdot D$

b1) SI cumple: Usar el mayor valor entre p y 12D

b2) NO cumple: Calcular

$$K_{pct} = \frac{P}{8 \cdot D}$$

El cual debe modificar a la carga admisible obtenida al final.

$$P_{el,ad} = P_{el} \cdot K_{pct}$$

- 2.1) Para diametros menores a 6,4mm ($D < 6,4\text{mm}$) se debe calcular:

$$2.1.1 \quad R_{ap} = 115 \cdot (\rho_o / 1000)^{1,84} \quad \text{MPa}$$

$$2.1.2 \quad F_{ff} = 896 - 58 \cdot D \quad [\text{MPa}]$$

$$2.1.3 \quad R_e = \frac{R_{ap,c}}{R_{ap,l}} \quad \text{**Rap = Rap,c = Rap,l}$$

$$2.1.4 \quad R_t = \frac{l_c}{l_l}$$

- 2.2) Si el diametro esta entre 4,3mm y 6,4mm ($4,3 < D < 6,4$) ademas se debe calcular: (según tabla 36, pag.108)

$$K_d = \frac{10 \cdot D + 12.7}{25.4}$$

Lo que implica que:
 $FA = Kd$

- 2.3) Y si el diametro es menor o igual a 4,3mm ($D \leq 4,3\text{mm}$):

$Kd = 2,2$

$FA = Kd$

- 3) Con estos datos se calcula ahora los k:

$$3.1 \quad k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2R_e^2 \cdot (1 + R_t + R_t^2) + R_t^2 \cdot R_e^3} - R_e \cdot (1 + R_t)}{1 + R_e}$$

$$3.2 \quad k_2 = -1 + \sqrt{2 \cdot (1 + R_e) + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (1 + 2 \cdot R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_c^2}}$$

$$3.3 \quad k_3 = -1 + \sqrt{\frac{2 \cdot (1 + R_e)}{R_e} + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (2 + R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_l^2}}$$

- 4) Conociendo ya todos estos factores, se pueden calcular los modos de fluencia para cizalle doble:

4.1 Modo I_c

$$P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap, c}}{FA}$$

4.2 Modo I_l

$$P_{el} = \frac{2 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap, l}}{2 \cdot K_\alpha}$$

4.3 Modo III_l

$$P_{el} = \frac{2 \cdot k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap, c}}{(2 + R_e) \cdot FA}$$

4.4 Modo IV

$$P_{el} = \frac{2 \cdot D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap, c} \cdot F_f}{3 \cdot (1 + R_e)}}$$

- 5) Se elige la Capacidad de carga admisible Pel menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el Pel obtenido de los modos por el Kpct calculado

- 6.1) En cizalle multiple la capacidad admisible de cada clavo, se calcula de acuerdo a la expresion:

$$P_{elm,ad} = (m - 0.25) \cdot P_{el,ad} \quad \text{donde } m = \text{planos de cizalle.}$$

- 6.2) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = P_{elm,ad} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT}$$

- 7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

- 8) Los espaciamientos minimos de clavos de diametro D esta dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separacion minima		Clavado con perforacion guia	
		Para cualquier a	
		Para cualquier D	
Entre clavos	II a fibra (Sp)	5 · D	
	— a fibra (Sn)	5 · D	
Desde el borde	II a fibra (Sbcp)	10 · D	
	— a fibra (Sbcn)	5 · D	
Desde el borde	II a fibra (Sbdp)	5 · D	
	— a fibra (Sbdn)	3 · D	

EXTRACCION LATERAL EN CIZALLE DOBLE PARA TORNILLOS.

B CON PERFORACION GUIA.

- * Esto es valido, solo para tornillos con $D \geq 4\text{mm}.$, cuyas caracteristicas se indican en Anexo L pag. 175 y 176.
- * Cuando el $D < 10\text{mm}$. Se debe constar de al menos 4 tornillos.
- * Cuando el $D \geq 10\text{mm}$. Se debe constar de al menos 2 tornillos.

1) Se debe comprobar que:

a) $P \geq 8 \cdot D$

a1) Si cumple: Usar el mayor valor entre p y $8D$

a2) NO cumple: Calcular

$$K_{pct} = \frac{P}{8 \cdot D}$$

El cual debe modificar a la carga admisible obtenida al final.

$$P_{el,ad} = P_{el} \cdot K_{pct}$$

2) Se calculan:

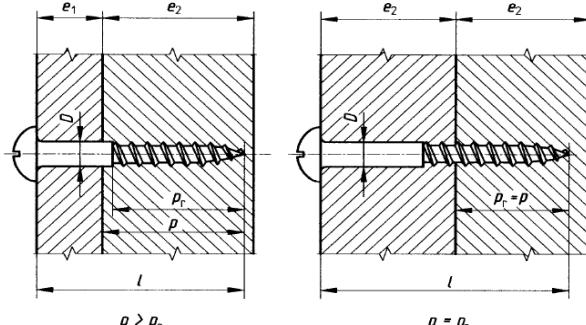
2.1 $R_{ap} = 115 \cdot (\rho_0 / 1000)^{1,84} \quad \text{MPa}$

2.2 $F_{ff} = 896 - 58 \cdot D \quad [\text{MPa}]$

2.3 $R_e = \frac{R_{ap,c}}{R_{ap,l}}$ **Rap = Rap,c = Rap,l

2.4 $R_t = \frac{l_c}{l_l}$

2.5 $k_\alpha = 1 + \frac{\alpha_{máx.}}{360^\circ}$



3) Con estos datos se calcula ahora los k:

3.1 $k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2R_e^2 \cdot (1 + R_t + R_t^2) + R_t^2 \cdot R_e^3} - R_e \cdot (1 + R_t)}}{1 + R_e}$

3.2 $k_2 = -1 + \sqrt{2 \cdot (1 + R_e) + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (1 + 2 \cdot R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_c^2}}$

3.3 $k_3 = -1 + \sqrt{\frac{2 \cdot (1 + R_e)}{R_e} + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (2 + R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_l^2}}$

p	= penetración de atornillado en la pieza de madera que recibe la punta de él. (mm)
D	= diámetro del elemento de unión (mm) (clavo o tornillo)
ρ_0	= Densidad anhidra media (Kg/m^3)
S	= fuerza solicitante de la unión.
$\alpha_{máx}$	= máxima desangulación entre la dirección de la fuerza y de la fibra de cualquier pieza en la unión ($0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$)

4) Ahora para calcular los modos de fluencia, se debe conocer el FA, el cual va a variar según el diámetro del tornillo:

4.1) Para diámetro entre $6,4\text{mm} \leq D \leq 25\text{mm}$:

$$\left. \begin{array}{l} \text{4.1.1 Modo } I_c \quad P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{FA} \\ \text{4.1.2 Modo } I_l \quad P_{el} = \frac{D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA} \\ \text{4.1.3 Modo } III_l \quad P_{el} = \frac{k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,c}}{(2 + R_e) \cdot FA} \\ \text{4.1.4 Modo } IV \quad P_{el} = \frac{D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap,c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{FA} = 4 \times k_a \quad (\text{según tabla 36, pag. 108}) \\ \text{FA} = 3,6 \times k_a \quad (\text{según tabla 36, pag. 108}) \end{array}$$

5) Se elige la Capacidad de carga admisible Pel menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el Pel obtenido de los modos por el Kpct calculado

6) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = P_{el} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT} \quad \text{donde m = planos de cizalle.}$$

7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

8) Los espaciamientos mínimos de tornillos de diámetro D esta dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separación mínima		Clavado con perforación guía	
		Para cualquier α	
		Para cualquier D	
Entre clavos	a fibra (Sp)	5 · D	
	⊥ a fibra (Sn)	5 · D	
Desde el borde	a fibra (Sbcp)	10 · D	
	⊥ a fibra (Sbcn)	5 · D	
Desde el borde	a fibra (Sbdp)	5 · D	
	⊥ a fibra (Sbdn)	3 · D	

4.2) Si el diametro esta entre $4,3 < D < 6,4$ se debe calcular: (según tabla 36, pag.108)

$$* \quad K_d = \frac{10 \cdot D + 12.7}{25.4}$$

* Donde FA = Kd

* Conociendo ya todos estos factores, se pueden calcular los modos de fluencia para cizalle simple:

4.2.1 Modo I_c $P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap, c}}{FA}$

4.2.2 Modo I_l $P_{el} = \frac{2 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap, l}}{2 \cdot K_\alpha}$

4.2.3 Modo III_l $P_{el} = \frac{2 \cdot k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap, c}}{(2 + R_e) \cdot FA}$

4.2.4 Modo IV $P_{el} = \frac{2 \cdot D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap, c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}}$

5) Se elige la Capacidad de carga admisible Pel menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el Pel obtenido de los modos por el Kpct calculado

6) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = P_{el} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT} \quad \text{donde } m = \text{planos de cizalle.}$$

7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

8) Los espaciamientos minimos de tornillos de diametro D esta dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separacion minima		Clavado con perforacion guía	
		Para cualquier α	
		Para cualquier D	
Entre clavos	II a fibra (Sp)	5 · D	
	— a fibra (Sn)	5 · D	
Desde el borde	II a fibra (Sbcp)	10 · D	
	— a fibra (Sbcn)	5 · D	
Desde el borde	II a fibra (Sbdp)	5 · D	
	— a fibra (Sbdn)	3 · D	

4.3) Si el diametro es $D \leq 4,3\text{mm}$:

* $K_d = 2,2$

* Donde $FA = K_d$

* Conociendo ya todos estos factores, se pueden calcular los modos de fluencia para cizalle simple:

4.2.1 Modo I_c

$$P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{FA}$$

4.2.2 Modo I_l

$$P_{el} = \frac{2 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{2 \cdot K_\alpha}$$

4.2.3 Modo III_l

$$P_{el} = \frac{2 \cdot k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,c}}{(2 + R_e) \cdot FA}$$

4.2.4 Modo IV

$$P_{el} = \frac{2 \cdot D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap,c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}}$$

- 5) Se elige la Capacidad de carga admisible P_{el} menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el P_{el} obtenido de los modos por el K_{pct} calculado

- 6) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = P_{el} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT} \quad \text{donde } m = \text{planos de cizalle.}$$

- 7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

- 8) Los espaciamientos minimos de tornillos de diametro D esta dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separacion minima	Clavado con perforacion guia	
	Para cualquier α	
	Para cualquier D	
Entre clavos	II a fibra (Sp)	$5 \cdot D$
	— a fibra (Sn)	$5 \cdot D$
Desde el borde	II a fibra (Sbcn)	$10 \cdot D$
	— a fibra (Sbcp)	$5 \cdot D$
Desde el borde	II a fibra (Sbdn)	$5 \cdot D$
	— a fibra (Sbdp)	$3 \cdot D$

A.4.4.- Extracción Lateral en cizalle múltiple.

EXTRACCION LATERAL EN CIZALLE MULTIPLE CLAVOS

A1 CLAVADO DIRECTO.

1) Se debe comprobar 2 cosas:

a) $e_{\min} \geq 7 \cdot D$

b) $P \geq 8 \cdot D$

a1)	SI cumple: $L_c = \min(bc,p)$ (minimo valor entre bc y p) $LL = e_{\min}$ $L_c =$ largo pasador en madero central $LL =$ largo pasador en madero lateral
a2)	NO cumple: Cambiar diametro (D)

b1)	SI cumple: Usar el mayor valor entre p y 12D
b2)	NO cumple: Calcular

$$K_{pct} = \frac{P}{8 \cdot D}$$

El cual debe modificar a la carga admisible obtenida al final.

$$P_{el,ad} = P_{el} \cdot K_{pct}$$

2.1) Para diametros menores a 6,4mm ($D < 6,4\text{mm}$) se debe calcular:

$$2.1.1 \quad R_{ap} = 115 \cdot (\rho_o / 1000)^{1,84} \quad \text{MPa}$$

$$2.1.2 \quad F_{ff} = 896 - 58 \cdot D \quad [\text{MPa}]$$

$$2.1.3 \quad R_e = \frac{R_{ap,c}}{R_{ap,l}} \quad \text{**Rap = Rap,c = Rap,l}$$

$$2.1.4 \quad R_t = \frac{l_c}{l_l}$$

2.2) Si el diametro esta entre 4,3mm y 6,4mm ($4,3 < D < 6,4$) ademas se debe calcular: (según tabla 36, pag.108)

$$K_d = \frac{10 \cdot D + 12.7}{25.4}$$

Lo que implica que:

$$FA = Kd$$

2.3) Y si el diametro es menor o igual a 4,3mm ($D \leq 4,3\text{mm}$):

$$Kd = 2,2$$

$$FA = Kd$$

3) Con estos datos se calcula ahora los k:

$$3.1 \quad k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2R_e^2 \cdot (1 + R_t + R_t^2) + R_t^2 \cdot R_e^3} - R_e \cdot (1 + R_t)}{1 + R_e}$$

$$3.2 \quad k_2 = -1 + \sqrt{2 \cdot (1 + R_e) + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (1 + 2 \cdot R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_c^2}}$$

$$3.3 \quad k_3 = -1 + \sqrt{\frac{2 \cdot (1 + R_e)}{R_e} + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (2 + R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_l^2}}$$

e_{\min}	=	espesor minimo lateral (mm)
p	=	penetracion del clavo en la pieza de madera que recibe la punta de él. (mm)
b o bc	=	base de la pieza de madera (mm) o espesor madero central (mm)
D	=	diametro del elemento de unión (mm) (clavo o tornillo)
ρ_0	=	Densidad anhidra media (Kg/m^3)
S	=	fuerza solicitante de la unión.
α	=	angulo que forma la fibra con la direccion de la fuerza.
m	=	numero de planos de cizalle que atraviesa el elemento de unión.
α_{max}	=	maxima desangulacion entre la direccion de la fuerza y de la fibra de cualquier pieza en la unión ($0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$)

4) Conociendo ya todos estos factores, se pueden calcular los modos de fluencia para cizalle simple:

4.1 Modo I_c

$$P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{FA}$$

4.2 Modo I_l

$$P_{el} = \frac{D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA}$$

4.3 Modo II

$$P_{el} = \frac{k_1 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA}$$

4.4 Modo III_c

$$P_{el} = \frac{k_2 \cdot D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{(1 + 2 \cdot R_e) \cdot FA}$$

4.5 Modo III_l

$$P_{el} = \frac{k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,c}}{(2 + R_e) \cdot FA}$$

4.6 Modo IV

$$P_{el} = \frac{D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap,c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}}$$

5) Se elige la Capacidad de carga admisible Pel menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el Pel obtenido de los modos por el Kpct calculado

6.1) En cizalle multiple la capacidad admisible de cada clavo, se calcula de acuerdo a la expresion:

$$P_{elm,ad} = (m - 0.25) \cdot P_{el,ad} \quad \text{donde } m = \text{planos de cizalle.}$$

6.2) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = P_{elm,ad} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT}$$

7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

8) Los espaciamientos minimos de clavos de diametro D esta dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separacion minima		Clavado Directo			
		$0^\circ \leq \alpha < 30^\circ$		$30^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	
		$D \leq 4,2$	$D > 4,2$	$D \leq 4,2$	$D > 4,2$
Entre clavos	II a fibra (Sp)	10 · D	12 · D	10 · D	12 · D
	⊥ a fibra (Sn)	5 · D	5 · D	5 · D	5 · D
Desde el borde	II a fibra (Sbcn)	15 · D	15 · D	15 · D	15 · D
	⊥ a fibra (Sbcp)	5 · D	7 · D	7 · D	10 · D
Desde el borde	II a fibra (Sbdn)	7 · D	10 · D	7 · D	10 · D
	⊥ a fibra (Sbdp)	5 · D	5 · D	5 · D	5 · D

EXTRACCION LATERAL EN CIZALLE MULTIPLE CLAVOS

B1 CON PERFORACION GUIA.

- 1) Se debe comprobar 2 cosas:
 a) $e_{min} \geq 4 \cdot D$

a1) Si cumple: $L_c = \min(bc, p)$ (minimo valor entre bc y p)
 $LL = e_{min}$
 $L_c = \text{largo pasador en madero central}$
 $LL = \text{largo pasador en madero lateral}$

a2) NO cumple: Cambiar diametro (D)

- b) $P \geq 8 \cdot D$

b1) SI cumple: Usar el mayor valor entre p y 12D

b2) NO cumple: Calcular

$$K_{pct} = \frac{P}{8 \cdot D}$$

El cual debe modificar a la carga admisible obtenida al final.

$$P_{el,ad} = P_{el} \cdot K_{pct}$$

- 2.1) Para diametros menores a 6,4mm ($D < 6,4\text{mm}$) se debe calcular:

$$2.1.1 \quad R_{ap} = 115 \cdot (\rho_o / 1000)^{1,84} \quad \text{MPa}$$

$$2.1.2 \quad F_{ff} = 896 - 58 \cdot D \quad [\text{MPa}]$$

$$2.1.3 \quad R_e = \frac{R_{ap,c}}{R_{ap,l}} \quad \text{**Rap = Rap,c = Rap,l}$$

$$2.1.4 \quad R_t = \frac{l_c}{l_l}$$

- 2.2) Si el diametro esta entre 4,3mm y 6,4mm ($4,3 < D < 6,4$) ademas se debe calcular: (según tabla 36, pag.108)

$$K_d = \frac{10 \cdot D + 12.7}{25.4}$$

Lo que implica que:
 $FA = Kd$

- 2.3) Y si el diametro es menor o igual a 4,3mm ($D \leq 4,3\text{mm}$):

$Kd = 2,2$

$FA = Kd$

- 3) Con estos datos se calcula ahora los k:

$$3.1 \quad k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2R_e^2 \cdot (1 + R_t + R_t^2) + R_t^2 \cdot R_e^3} - R_e \cdot (1 + R_t)}{1 + R_e}$$

$$3.2 \quad k_2 = -1 + \sqrt{2 \cdot (1 + R_e) + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (1 + 2 \cdot R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_c^2}}$$

$$3.3 \quad k_3 = -1 + \sqrt{\frac{2 \cdot (1 + R_e)}{R_e} + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (2 + R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_l^2}}$$

4) Conociendo ya todos estos factores, se pueden calcular los modos de fluencia para cizalle simple:

4.1 Modo I_c

$$P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{FA}$$

4.2 Modo I_l

$$P_{el} = \frac{D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA}$$

4.3 Modo II

$$P_{el} = \frac{k_1 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA}$$

4.4 Modo III_c

$$P_{el} = \frac{k_2 \cdot D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{(1 + 2 \cdot R_e) \cdot FA}$$

4.5 Modo III_l

$$P_{el} = \frac{k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,c}}{(2 + R_e) \cdot FA}$$

4.6 Modo IV

$$P_{el} = \frac{D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap,c} \cdot F_f}{3 \cdot (1 + R_e)}}$$

5) Se elige la Capacidad de carga admisible Pel menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el Pel obtenido de los modos por el Kpct calculado

6.1) En cizalle multiple la capacidad admisible de cada clavo, se calcula de acuerdo a la expresion:

$$P_{elm,ad} = (m - 0.25) \cdot P_{el,ad} \quad \text{donde } m = \text{planos de cizalle.}$$

6.2) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = P_{elm,ad} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT}$$

7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

8) Los espaciamientos minimos de clavos de diametro D esta dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separacion minima		Clavado con perforacion guia
		Para cualquier a
		Para cualquier D
Entre clavos	a fibra (Sp)	5 · D
	⊥ a fibra (Sn)	5 · D
Desde el borde	a fibra (Sbcp)	10 · D
	⊥ a fibra (Sbcn)	5 · D
Desde el borde	a fibra (Sbdp)	5 · D
	⊥ a fibra (Sbdn)	3 · D

EXTRACCION EN CIZALLE MULTIPLE TORNILLOS

B CON PERFORACION GUIA.

- * Esto es valido, solo para tornillos con $D \geq 4\text{mm}.$, cuyas caracteristicas se indican en Anexo L pag. 175 y 176.
- * Cuando el $D < 10\text{mm}$. Se debe constar de al menos 4 tornillos.
- * Cuando el $D \geq 10\text{mm}$. Se debe constar de al menos 2 tornillos.

1) Se debe comprobar que:

a) $p \geq 8 \cdot D$

a1) Si cumple: Usar el mayor valor entre p y $8D$

a2) NO cumple: Calcular

$$K_{pct} = \frac{P}{8 \cdot D}$$

El cual debe modificar a la carga admisible obtenida al final.

$$P_{el,ad} = P_{el} \cdot K_{pct}$$

2) Se calculan:

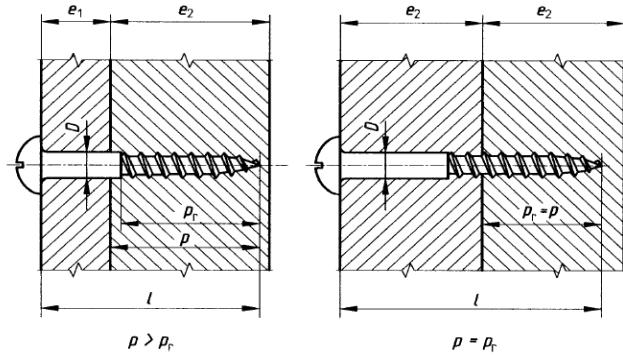
2.1 $R_{ap} = 115 \cdot (\rho_0 / 1000)^{1.84}$ MPa

2.2 $F_{ff} = 896 - 58 \cdot D$ [MPa]

2.3 $R_e = \frac{R_{ap,c}}{R_{ap,l}}$ **Rap = Rap,c = Rap,l

2.4 $R_t = \frac{l_c}{l_l}$

2.5 $k_\alpha = 1 + \frac{\alpha_{máx.}}{360^\circ}$



3) Con estos datos se calcula ahora los k:

3.1 $k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2R_e^2 \cdot (1 + R_t + R_t^2) + R_t^2 \cdot R_e^3} - R_e \cdot (1 + R_t)}{1 + R_e}$

3.2 $k_2 = -1 + \sqrt{2 \cdot (1 + R_e) + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (1 + 2 \cdot R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_c^2}}$

3.3 $k_3 = -1 + \sqrt{\frac{2 \cdot (1 + R_e)}{R_e} + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (2 + R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_l^2}}$

p	= penetracion de atornillado en la pieza de madera que recibe la punta de él. (mm)
D	= diametro del elemento de unión (mm) (clavo o tornillo)
ρ_0	= Densidad anhidra media (Kg/m³)
S	= fuerza solicitante de la unión.
m	= numero de planos de cizalle que atraviesa el elemento de unión.
α_{max}	= maxima desangulacion entre la dirección de la fuerza y de la fibra de cualquier pieza en la unión ($0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$)

- 4) Ahora para calcular los modos de fluencia, se debe conocer el FA, el cual va a variar según el diámetro del tornillo:

4.1) Para diámetro entre 6,4mm ≤ D ≤ 25mm:

$$\left. \begin{array}{l} \text{4.1.1 Modo } I_c \quad P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{FA} \\ \text{4.1.2 Modo } I_l \quad P_{el} = \frac{D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA} \\ \text{4.1.3 Modo } II \quad P_{el} = \frac{k_1 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA} \\ \text{4.1.4 Modo } III_c \quad P_{el} = \frac{k_2 \cdot D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{(1 + 2 \cdot R_e) \cdot FA} \\ \text{Modo } III_l \quad P_{el} = \frac{k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,c}}{(2 + R_e) \cdot FA} \\ \text{Modo } IV \quad P_{el} = \frac{D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap,c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}} \end{array} \right\} \begin{array}{l} FA = 4 \times k_a \quad (\text{según tabla 36, pag. 108}) \\ FA = 3,6 \times k_a \quad (\text{según tabla 36, pag. 108}) \\ FA = 3,6 \times k_a \quad (\text{según tabla 36, pag. 108}) \end{array}$$

- 5) Se elige la Capacidad de carga admisible Pel menor de todos los modos calculados.
OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el Pel obtenido de los modos por el Kpct calculado

- 6) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = (P_{el} \cdot m) \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT} \quad \text{donde } m = \text{planos de cizalle.}$$

- 7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

- 8) Los espaciamientos mínimos de clavos de diámetro D esta dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separación mínima		Clavado con perforación guía
		Para cualquier α
		Para cualquier D
Entre clavos	a fibra (Sp)	5 · D
	⊥ a fibra (Sn)	5 · D
Desde el borde	a fibra (Sbcp)	10 · D
	⊥ a fibra (Sbcn)	5 · D
Desde el borde	a fibra (Sbdp)	5 · D
	⊥ a fibra (Sbdn)	3 · D

4.2) Si el diametro esta entre $4,3 < D < 6,4$ se debe calcular: (según tabla 36, pag.108)

$$* \quad K_d = \frac{10 \cdot D + 12,7}{25,4}$$

* Donde FA = Kd

* Conociendo ya todos estos factores, se pueden calcular los modos de fluencia para cizalle simple:

4.2.1 Modo I_c

$$P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{FA}$$

4.2.2 Modo I_l

$$P_{el} = \frac{D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA}$$

4.2.3 Modo II

$$P_{el} = \frac{k_1 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA}$$

4.2.4 Modo III_c

$$P_{el} = \frac{k_2 \cdot D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{(1 + 2 \cdot R_e) \cdot FA}$$

4.2.5 Modo III_l

$$P_{el} = \frac{k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,c}}{(2 + R_e) \cdot FA}$$

4.2.6 Modo IV

$$P_{el} = \frac{D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap,c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}}$$

5) Se elige la Capacidad de carga admisible Pel menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el Pel obtenido de los modos por el Kpct calculado

6) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = (P_{el} \cdot m) \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT} \quad \text{donde } m = \text{planos de cizalle.}$$

7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

8) Los espaciamientos minimos de clavos de diametro D esta dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separacion minima		Clavado con perforacion guia	
		Para cualquier α	
		Para cualquier D	
Entre clavos	a fibra (Sp)	5 · D	
	— a fibra (Sn)	5 · D	
Desde el borde	a fibra (Sbcp)	10 · D	
	— a fibra (Sbcn)	5 · D	
Desde el borde	a fibra (Sbdp)	5 · D	
	— a fibra (Sbdn)	3 · D	

4.3) Si el diametro es $D \leq 4,3\text{mm}$:

* $K_d = 2,2$

* Donde $FA = K_d$

* Conociendo ya todos estos factores, se pueden calcular los modos de fluencia para cizalle simple:

$$4.2.1 \text{ Modo } I_c \quad P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{FA}$$

$$4.2.2 \text{ Modo } I_l \quad P_{el} = \frac{D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA}$$

$$4.2.3 \text{ Modo } II \quad P_{el} = \frac{k_1 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA}$$

$$4.2.4 \text{ Modo } III_c \quad P_{el} = \frac{k_2 \cdot D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{(1 + 2 \cdot R_e) \cdot FA}$$

$$4.2.5 \text{ Modo } III_l \quad P_{el} = \frac{k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,c}}{(2 + R_e) \cdot FA}$$

$$4.2.6 \text{ Modo } IV \quad P_{el} = \frac{D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap,c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}}$$

- 5) Se elige la Capacidad de carga admisible P_{el} menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el P_{el} obtenido de los modos por el K_{pct} calculado

- 6) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = (P_{el} \cdot m) \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT} \quad \text{donde } m = \text{planos de cizalle.}$$

- 7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

- 8) Los espaciamientos minimos de clavos de diametro D esta dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separacion minima		Clavado con perforacion guia
		Para cualquier a
		Para cualquier D
Entre clavos	a fibra (Sp)	$5 \cdot D$
	⊥ a fibra (Sn)	$5 \cdot D$
Desde el borde	a fibra (Sbcp)	$10 \cdot D$
	⊥ a fibra (Sbcn)	$5 \cdot D$
Desde el borde	a fibra (Sbdp)	$5 \cdot D$
	⊥ a fibra (Sbdn)	$3 \cdot D$

A.4.5.- Extracción lateral en uniones de 3 piezas de cizalle doble asimétricas para clavos.

EXTRACCION LATERAL EN UNIONES DE 3 PIEZAS DE CIZALLE DOBLE ASIMETRICAS PARA CLAVOS.

A1 CLAVADO DIRECTO

***** USAR EL MENOR DIAMETRO (D) QUE SE PRESENTEN EN CUALQUIERA DE LOS PLANOS DE CONTACTO ENTRE MADEROS.

1) Se debe comprobar 2 cosas:

a) $e_{\min} \geq 7 \cdot D$

b) $p \geq 8 \cdot D$

a1) Si cumple: $L_c = \min(bc, p)$ (minimo valor entre bc y p)
 $L_L = e_{\min}$
 $L_c = \text{largo pasador en madero central}$
 $L_L = \text{largo pasador en madero lateral}$

a2) NO cumple: Cambiar diametro (D)

b1) Si cumple: Usar el mayor valor entre p y $12D$

b2) NO cumple: Calcular

$$K_{pct} = \frac{P}{8 \cdot D}$$

El cual debe modificar a la carga admisible obtenida al final.

$$P_{el,ad} = P_{el} \cdot K_{pct}$$

2.1) Para diametros menores a 6,4mm ($D < 6,4\text{mm}$) se debe calcular:

2.1.1 $R_{ap} = 115 \cdot (\rho_o / 1000)^{1.84}$ MPa

2.1.2 $F_{ff} = 896 - 58 \cdot D$ [MPa]

2.1.3 $R_e = \frac{R_{ap,c}}{R_{ap,l}}$ **Rap = Rap,c = Rap,l

2.1.4 $R_t = \frac{l_c}{l_l}$

2.2) Si el diametro esta entre 4,3mm y 6,4mm ($4,3 < D < 6,4$) ademas se debe calcular: (según tabla 36, pag.108)

$$K_d = \frac{10 \cdot D + 12.7}{25.4}$$

* Lo que implica que:
 $FA = Kd$

2.3) Y si el diametro es menor o igual a 4,3mm ($D \leq 4,3\text{mm}$):

$Kd = 2,2$

$FA = Kd$

3) Con estos datos se calcula ahora los k:

3.1 $k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2R_e^2 \cdot (1 + R_t + R_t^2)} + R_t^2 \cdot R_e^3 - R_e \cdot (1 + R_t)}}{1 + R_e}$

3.2 $k_2 = -1 + \sqrt{2 \cdot (1 + R_e) + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (1 + 2 \cdot R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_c^2}}$

3.3 $k_3 = -1 + \sqrt{\frac{2 \cdot (1 + R_e)}{R_e} + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (2 + R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_l^2}}$

e_{\min}	=	espesor minimo lateral (mm)
p	=	penetracion del clavo en la pieza de madera que recibe la punta d
b o bc	=	base de la pieza de madera (mm) o espesor madero central (mm)
$D1$	=	diametro del elemento de unión 1 (mm) (clavo o tornillo)
$D2$	=	diametro del elemento de unión 2 (mm) (clavo o tornillo)
ρ_0	=	Densidad anhidra media (Kg/m³)
S	=	fuerza solicitante de la unión.
α	=	angulo que forma la fibra con la direccion de la fuerza.
m	=	numero de planos de cizalle que atraviesa el elemento de unión.

- 4) Conociendo ya todos estos factores, se pueden calcular los modos de fluencia para cizalle doble:

4.1 Modo I_c

$$P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{FA}$$

4.2 Modo I_l

$$P_{el} = \frac{2 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{2 \cdot K_\alpha}$$

4.3 Modo III_l

$$P_{el} = \frac{2 \cdot k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,c}}{(2 + R_e) \cdot FA}$$

4.4 Modo IV

$$P_{el} = \frac{2 \cdot D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap,c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}}$$

- 5) Se elige la Capacidad de carga admisible Pel menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el Pel obtenido de los modos por el Kpct calculado

- 6.1) En cizalle multiple la capacidad admisible de cada clavo, se calcula de acuerdo a la expresion:

$$P_{elm,ad} = (m - 0.25) \cdot P_{el,ad} \quad \text{donde } m = \text{planos de cizalle.}$$

- 6.2) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = P_{elm,ad} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT}$$

- 7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

- 8) Los espaciamientos minimos de clavos de diametro D esta dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separacion minima		Clavado Directo			
		$0^\circ \leq \alpha < 30^\circ$		$30^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	
		D ≤ 4,2	D > 4,2	D ≤ 4,2	D > 4,2
Entre clavos	II a fibra (Sp)	10 · D	12 · D	10 · D	12 · D
	— a fibra (Sn)	5 · D	5 · D	5 · D	5 · D
Desde el borde	II a fibra (Sbcp)	15 · D	15 · D	15 · D	15 · D
	— a fibra (Sbcn)	5 · D	7 · D	7 · D	10 · D
Desde el borde	II a fibra (Sbdp)	7 · D	10 · D	7 · D	10 · D
	— a fibra (Sbdn)	5 · D	5 · D	5 · D	5 · D

EXTRACCION LATERAL EN UNIONES DE 3 PIEZAS DE CIZALLE DOBLE ASIMETRICAS PARA CLAVOS.

B1 CON PERFORACION GUIA.

***** USAR EL MENOR DIAMETRO (D) QUE SE PRESENTEN EN CUALQUIERA DE LOS PLANOS DE CONTACTO ENTRE MADEROS.

- 1) Se debe comprobar 2 cosas:

a) $e_{\min} \geq 4 \cdot D$

b) $p \geq 8 \cdot D$

a1) SI cumple: $L_c = \min(bc, p)$ (minimo valor entre bc y p)
 $L_l = e_{\min}$
 $L_c =$ largo pasador en madero central
 $L_l =$ largo pasador en madero lateral

a2) NO cumple: Cambiar diametro (D)

b1) SI cumple: Usar el mayor valor entre p y $12D$

b2) NO cumple: Calcular

$$K_{pct} = \frac{P}{8 \cdot D}$$

El cual debe modificar a la carga admisible obtenida al final.

$$P_{el,ad} = P_{el} \cdot K_{pct}$$

- 2.1) Para diametros menores a 6,4mm ($D < 6,4\text{mm}$) se debe calcular:

$$2.1.1 \quad R_{ap} = 115 \cdot (\rho_o / 1000)^{1,84} \quad \text{MPa}$$

$$2.1.2 \quad F_{ff} = 896 - 58 \cdot D \quad [\text{MPa}]$$

$$2.1.3 \quad R_e = \frac{R_{ap,c}}{R_{ap,l}} \quad \text{**Rap} = \text{Rap,c} = \text{Rap,l}$$

$$2.1.4 \quad R_t = \frac{l_c}{l_l}$$

- 2.2) Si el diametro esta entre 4,3mm y 6,4mm ($4,3 < D < 6,4$) ademas se debe calcular: (según tabla 36, pag.108)

$$K_d = \frac{10 \cdot D + 12,7}{25,4}$$

Lo que implica que:
 $FA = Kd$

- 2.3) Y si el diametro es menor o igual a 4,3mm ($D \leq 4,3\text{mm}$):
 $Kd = 2,2$
 $FA = Kd$

- 3) Con estos datos se calcula ahora los k:

$$3.1 \quad k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2R_e^2 \cdot (1 + R_t + R_t^2) + R_t^2 \cdot R_e^3} - R_e \cdot (1 + R_t)}{1 + R_e}$$

$$3.2 \quad k_2 = -1 + \sqrt{2 \cdot (1 + R_e) + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (1 + 2 \cdot R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_c^2}}$$

$$3.3 \quad k_3 = -1 + \sqrt{\frac{2 \cdot (1 + R_e)}{R_e} + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (2 + R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_l^2}}$$

- 4) Conociendo ya todos estos factores, se pueden calcular los modos de fluencia para cizalle doble:

4.1 Modo I_c

$$P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap, c}}{FA}$$

4.2 Modo I_l

$$P_{el} = \frac{2 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap, l}}{2 \cdot K_\alpha}$$

4.3 Modo III_l

$$P_{el} = \frac{2 \cdot k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap, c}}{(2 + R_e) \cdot FA}$$

4.4 Modo IV

$$P_{el} = \frac{2 \cdot D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap, c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}}$$

- 5) Se elige la Capacidad de carga admisible Pel menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el Pel obtenido de los modos por el Kpct calculado

- 6.1) En cizalle multiple la capacidad admisible de cada clavo, se calcula de acuerdo a la expresion:

$$P_{elm,ad} = (m - 0.25) \cdot P_{el,ad} \quad \text{donde } m = \text{planos de cizalle.}$$

- 6.2) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = P_{elm,ad} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT}$$

- 7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

- 8) Los espaciamientos mínimos de clavos de diámetro D están dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separación mínima		Clavado con perforación guía	
		Para cualquier α	
		Para cualquier D	
Entre clavos	II a fibra (Sp)	5 · D	
	⊥ a fibra (Sn)	5 · D	
Desde el borde	II a fibra (Sbcp)	10 · D	
	⊥ a fibra (Sbcn)	5 · D	
Desde el borde	II a fibra (Sbdp)	5 · D	
	⊥ a fibra (Sbdn)	3 · D	

EXTRACCION LATERAL EN UNIONES DE 3 PIEZAS DE CIZALLE DOBLE ASIMETRICAS PARA TORNILLOS.

B CON PERFORACION GUIA.

***** USAR EL MENOR DIAMETRO (D) QUE SE PRESENTEN EN CUALQUIERA DE LOS PLANOS DE CONTACTO ENTRE MADEROS.

* Esto es valido, solo para tornillos con $D \leq 4\text{mm}$, cuyas caracteristicas se indican en Anexo L pag. 175 y 176.

* Cuando el $D < 10\text{mm}$. Se debe constar de al menos 4 tornillos.

* Cuando el $D \geq 10\text{mm}$. Se debe constar de al menos 2 tornillos.

1) Se debe comprobar que:

a) $p \geq 8 \cdot D$

a1) Si cumple: Usar el mayor valor entre p y $8D$

a2) NO cumple: Calcular

$$K_{pct} = \frac{P}{8 \cdot D}$$

El cual debe modificar a la carga admisible obtenida al final.

$$P_{el,ad} = P_{el} \cdot K_{pct}$$

2) Se calculan:

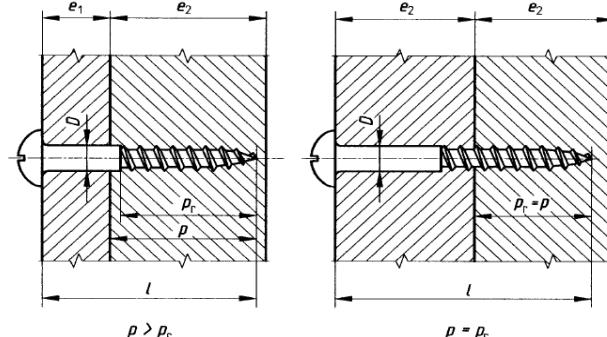
2.1 $R_{ap} = 115 \cdot (\rho_0 / 1000)^{1.84}$ MPa

2.2 $F_{ff} = 896 - 58 \cdot D$ [MPa]

2.3 $R_e = \frac{R_{ap,c}}{R_{ap,l}}$ **Rap = Rap,c = Rap,l

2.4 $R_t = \frac{l_c}{l_l}$

2.5 $k_\alpha = 1 + \frac{\alpha_{máx.}}{360^\circ}$



D diámetro nominal del tornillo p_r penetración de atornillado de la zona roscada del tornillo en el madero que recibe la punta del tornillo
 l largo del tornillo e_1 espesor del madero atravesado por el tornillo
 p penetración de atornillado e_2 espesor del madero que recibe la punta del tornillo

3) Con estos datos se calcula ahora los k:

3.1 $k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2R_e^2 \cdot (1 + R_t + R_t^2) + R_t^2 \cdot R_e^3} - R_e \cdot (1 + R_t)}{1 + R_e}$

3.2 $k_2 = -1 + \sqrt{2 \cdot (1 + R_e) + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (1 + 2 \cdot R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_c^2}}$

3.3 $k_3 = -1 + \sqrt{\frac{2 \cdot (1 + R_e)}{R_e} + \frac{2 \cdot F_{ff} \cdot (2 + R_e) \cdot D^2}{3 \cdot R_{ap,c} \cdot l_l^2}}$

Figura 27 - Uniones con tornillos

p	= penetracion de atornillado en la pieza de madera que recibe la punta de él. (mm)
D_1	= diametro del elemento de unión 1 (mm) (clavo o tornillo)
D_2	= diametro del elemento de unión 2 (mm) (clavo o tornillo)
ρ_0	= Densidad anhidra media (Kg/m³)
S	= fuerza solicitante de la unión.
m	= numero de planos de cizalle que atraviesa el elemento de unión.
$\alpha_{máx}$	= maxima desangulacion entre la direccion de la fuerza y de la fibra de cualquier pieza en la unión ($0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$)

4) Ahora para calcular los modos de fluencia, se debe conocer el FA, el cual va a variar según el diámetro del tornillo:

4.1) Para diámetro entre 6,4mm ? D ? 25mm:

$$4.1.1 \text{ Modo } I_c \quad P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{FA}$$

$$4.1.2 \text{ Modo } I_l \quad P_{el} = \frac{D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{FA}$$

$$4.1.3 \text{ Modo } III_l \quad P_{el} = \frac{k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,c}}{(2 + R_e) \cdot FA}$$

$$4.1.4 \text{ Modo } IV \quad P_{el} = \frac{D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap,c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}}$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} FA = 4 \times k_a \quad (\text{según tabla 36, pag. 108})$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} FA = 3,6 \times k_a \quad (\text{según tabla 36, pag. 108})$$

5) Se elige la Capacidad de carga admisible Pel menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el Pel obtenido de los modos por el Kpct calculado

6) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = P_{el} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT} \quad \text{donde } m = \text{planos de cizalle.}$$

7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

8) Los espaciamientos mínimos de tornillos de diámetro D esta dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separación mínima		Clavado con perforación guía	
		Para cualquier α	
		Para cualquier D	
Entre clavos	II a fibra (Sp)	5 · D	
	— a fibra (Sn)	5 · D	
Desde el borde	II a fibra (Sbcp)	10 · D	
	— a fibra (Sbcn)	5 · D	
Desde el borde	II a fibra (Sbdp)	5 · D	
	— a fibra (Sbdn)	3 · D	

4.2) Si el diametro esta entre $4,3 < D < 6,4$ se debe calcular: (según tabla 36, pag.108)

$$* \quad K_d = \frac{10 \cdot D + 12.7}{25.4}$$

* Donde FA = Kd

* Conociendo ya todos estos factores, se pueden calcular los modos de fluencia para cizalle simple:

4.2.1 Modo I_c $P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap, c}}{FA}$

4.2.2 Modo I_l $P_{el} = \frac{2 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap, l}}{2 \cdot K_\alpha}$

4.2.3 Modo III_l $P_{el} = \frac{2 \cdot k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap, c}}{(2 + R_e) \cdot FA}$

4.2.4 Modo IV $P_{el} = \frac{2 \cdot D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap, c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}}$

5) Se elige la Capacidad de carga admisible Pel menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el Pel obtenido de los modos por el Kpct calculado

6) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = P_{el} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT} \quad \text{donde } m = \text{planos de cizalle.}$$

7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

8) Los espaciamientos minimos de tornillos de diametro D esta dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

Separacion minima		Clavado con perforacion guía
		Para cualquier α
		Para cualquier D
Entre clavos	II a fibra (Sp)	5 · D
	— a fibra (Sn)	5 · D
Desde el borde	II a fibra (Sbcp)	10 · D
	— a fibra (Sbcn)	5 · D
Desde el borde	II a fibra (Sbdp)	5 · D
	— a fibra (Sbdn)	3 · D

4.3) Si el diametro es D = 4,3mm:

* $K_d = 2,2$

* Donde $FA = K_d$

* Conociendo ya todos estos factores, se pueden calcular los modos de fluencia para cizalle simple:

$$4.2.1 \text{ Modo } I_c \quad P_{el} = \frac{D \cdot l_c \cdot R_{ap,c}}{FA}$$

$$4.2.2 \text{ Modo } I_l \quad P_{el} = \frac{2 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,l}}{2 \cdot K_\alpha}$$

$$4.2.3 \text{ Modo } III_l \quad P_{el} = \frac{2 \cdot k_3 \cdot D \cdot l_l \cdot R_{ap,c}}{(2 + R_e) \cdot FA}$$

$$4.2.4 \text{ Modo } IV \quad P_{el} = \frac{2 \cdot D^2}{FA} \sqrt{\frac{2 \cdot R_{ap,c} \cdot F_{ff}}{3 \cdot (1 + R_e)}}$$

5) Se elige la Capacidad de carga admisible P_{el} menor de todos los modos calculados.

OJO: si ocurre lo señalado en b2), no olvidar multiplicar el P_{el} obtenido de los modos por el K_{pct} calculado

6) Calcular la carga de diseño:

$$P_{el,dis} = P_{el} \cdot K_{UH} \cdot K_D \cdot K_{UT} \quad \text{donde } m = \text{planos de cizalle.}$$

7) Y por ultimo se calcula el numero de elementos de unión:

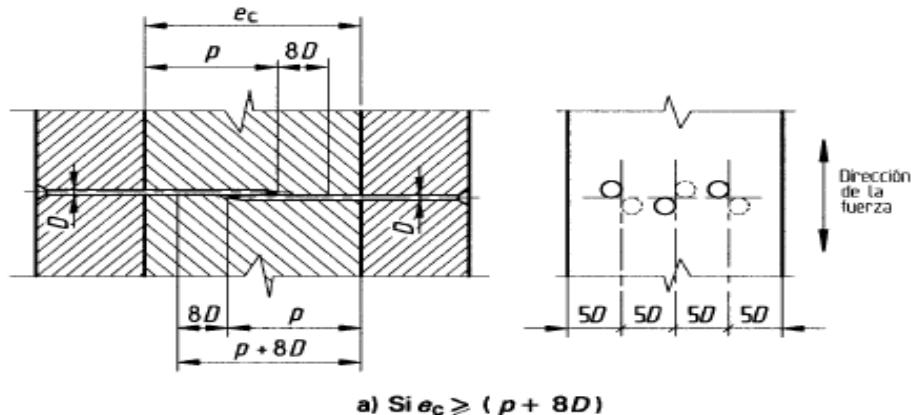
$$n^o = \frac{S}{P_{el,dis}}$$

8) Los espaciamientos minimos de tornillos de diametro D esta dado por: (corresponde a tabla 34, pag. 96)

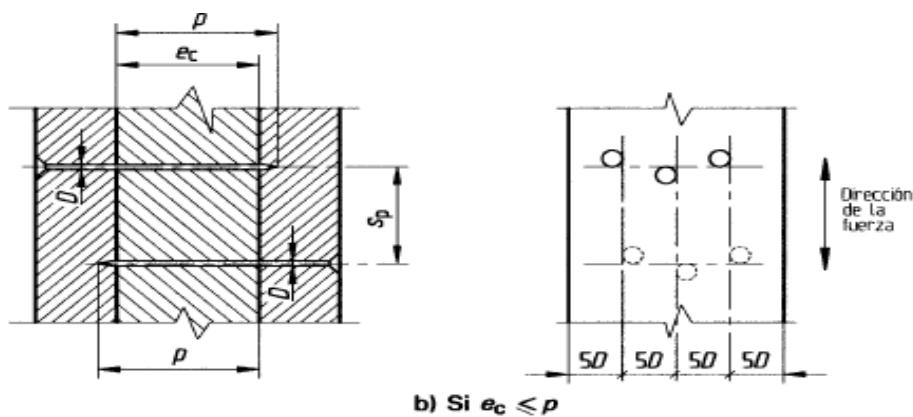
Separacion minima		Clavado con perforacion guia	
		Para cualquier α	
		Para cualquier D	
Entre clavos	a fibra (Sp)	5 · D	
	— a fibra (Sn)	5 · D	
Desde el borde	a fibra (Sbcp)	10 · D	
	— a fibra (Sbcn)	5 · D	
Desde el borde	a fibra (Sbdp)	5 · D	
	— a fibra (Sbdn)	3 · D	

ESPACIAMIENTOS

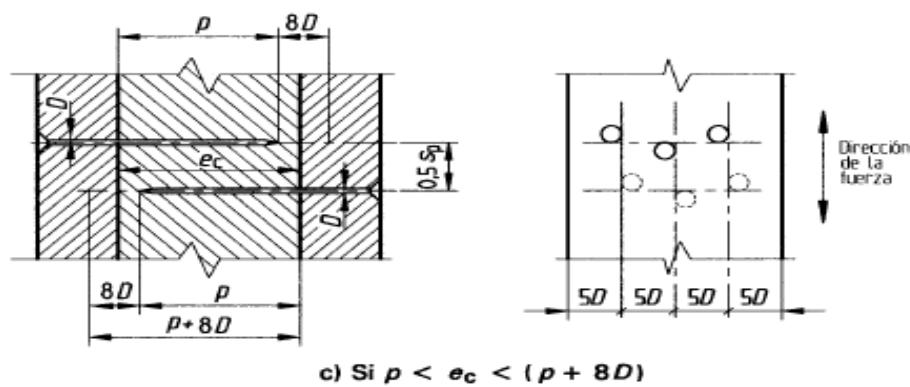
Si la punta del clavo dista al menos $8 \cdot D$ de la superficie de cizalle de los clavos hincados en el lado opuesto, se puede repetir el mismo esquema de clavado desde ambos lados [ver Figura 32 a)];



* Si la penetración del clavo, p , excede el espesor del madero central, e_c , rigen los espaciamientos mínimos señalados en Tabla 34 [ver Figura 32 b)];



* en situaciones intermedias, esto es, si $p < e_c < p + 8 \cdot D$ se deben respetar espaciamientos iguales al 50% de los señaladas para, s p , en Tabla 34. Ver esquema de Figura 32 c).



A.4.6.- Solicitaciones Combinadas.

Clavos

- 1) Se calcula el $P_{el,tr}$ a traves de extraccion lateral en cizalle simple en clavado directo, equivale a P_{el}
- 2) Y luego el $P_{el,dis}$ tal como señala 3.-E.L.C.S. para davalado directo
- 3) Se calcula el $P_{ed,tr}$ a traves de extraccion directa, equivale a $P_{ed,ad}$.
- 4) Y luego el $P_{ed,dis}$ tal como señala 2.-E.D.

Luego se aplica la siguiente formula:

$$\left[\frac{P_{el,tr}}{P_{el,dis}} \right] + \left[\frac{P_{ed,tr}}{P_{ed,dis}} \right] \leq 1$$

Tornillos

- 1) Se calcula el $P_{el,tr}$ a traves de extraccion lateral en cizalle simple para tornillos con perforacion guia, equivale a P_{el}
- 2) Y luego el $P_{el,dis}$ tal como señala 3.-E.L.C.S. para perforacion guia en tornillos.
- 3) Se calcula el $P_{ed,tr}$ a traves de extraccion directa, equivale a $P_{ed,ad}$
- 4) Y luego el $P_{ed,dis}$ tal como señala 2.-E.D.

Luego se aplica la siguiente formula:

$$\left[\frac{P_{el,tr}}{P_{el,dis}} \right]^2 + \left[\frac{P_{ed,tr}}{P_{ed,dis}} \right]^2 \leq 1$$

A.4.7.- Datos para las verificaciones.

Paso a Paso en Verificaciones: con respecto a la NCh 1198 Of.2006.

A1) PARALELA A LA FIBRA DE LA MADERA

- Para poder entrar a la tabla 4 (pag.9) se debe conocer la clase estructural (Fxx), para ello el usuario debe ingresar:

- * El grado estructural (Nº 1, Nº 2, Nº 3 o Nº 4)
- * La especie o tipo demadera (Desde Eucaliptus, hasta pino Insigne) según se señalan en tabla A.1(pag.150)
- * Contenido de humedad (H o Hc que fluctuara entre 0% a 100%)
- * Ciudad donde se construirá (según tabla D.1 (pag.154,155 y 156) se obtiene la humedad de equilibrio la humedad de servicio Hs)

Según el tipo de madera y el contenido de humedad, se obtendrá de la tabla A.1 (pag.150) el agrupamiento de especies

- > E... (verde para H > 30%)
- > ES... (seco para H = 12%)

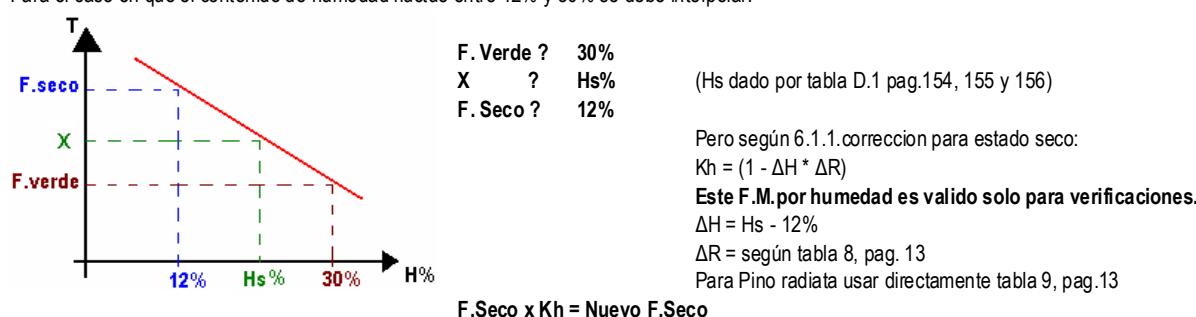
Con esto se va a la tabla 6 o 7 respectivamente y con el grado estructural (que es dato) conocemos la clase estructural de la tabla 4

Fcp = compresión paralela

Ftp = tracción paralela

Fcz = cizalle

Para el caso en que el contenido de humedad fluctúe entre 12% y 30% se debe interpolar.



Y por regla de 3 se tiene:

$$X = \frac{(Hs - 12) \cdot (F.verde - Nuevo F.seco)}{(30 - 12)} + Nuevo F.seco$$

X = xx Mpa

**** Todos los valores de Flexion dan en Mpa, se deben transformar a Kg/cm², para ello:
1Mpa = 10,1972 Kg/cm²

- Para los F. de Modificación que serán:

- Kuh aquí usar el Kh calculado en paso 1, ya que es aplicable solo a las tensiones admisibles y modulos elásticos.
- Kd calcular según 6.1.2 pag.13--> se debe conocer t en seg.
- Khf calcular según 7.2.2.3 (pag.21) (primera formula)---> se debe conocer h en mm
- Kct usar el valor de 0,8 según tabla 19 pag. 62

- Se calcula la sección transversal neta STN, para ello se debe conocer h, b y D
Se compara con lo que señala el punto 9.2.1.2, para ello se debe conocer S

- Para finalizar, mostrar en pantalla si cumple que STN ? 9.2.1.2

A2) PERPENDICULAR A LA FIBRA DE LA MADERA

- *** Para casos perpendiculares a la fibra de la madera se debe calcular la tensión admisible de ella, ya que es posible que la resistencia de la unión no queda condicionada por los medios de unión, sino por la capacidad de la madera para resistir tracciones normales a la dirección de la fibra, es por ello que se debe realizar esta verificación.

- * Por lo tanto para este punto, solo basta conocer Tn,ad de la madera Anexo T