

UNIONES ESTRUCTURALES MADERA-MADERA EMPLEANDO TORNILLO Y COPAIBA

Por: WILDER VALENZUELA A. ⁽¹⁾

1. RESUMEN

En las construcciones con madera las uniones o juntas constituyen una de las partes donde se debe tener sumo cuidado en el diseño y fabricación; normalmente se emplean clavos, tirafones, pernos, placas metálicas u otros. Sin embargo, es posible efectuar estas uniones sin usar dichos elementos, esto es solamente con los elementos propios de la construcción; se conoce a este tipo como juntas o uniones madera-madera.

El presente trabajo estudia este caso en tres (3) tipos de juntas. Se empleó madera de Tornillo y Copaiba.

SUMMARY

One of the features in wich highest care for desing and manufacture must be taken in the wooden constructions, is that of the joints. Normaly, nails, lag screws, bolts, metallic plates, or others, are used. However, it is possible to make these joints without those elements, that is, only with the construction elements. This kind of joint are known as "wood-wood".

This work studies three (3) types of joints. Tornillo and Copaiba woods were employed.

2. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más grandes de la humanidad y en particular de nuestra población es el déficit de viviendas. Esto se origina al producirse el desbalance entre el crecimiento de la población y el ritmo de las construcciones; agregado a esto, problemas actuales, como son el alto costo de materiales, inflación, desempleo, etc.

Como sabemos el recurso forestal amplio y diverso provee un material de construcción excelente para la construcción; sin embargo, su uso adecuado requiere del conocimiento de este material, la madera de características muy particulares.

De lo anterior se desprende que es importante el conocimiento de las propiedades de la madera, así como el modo correcto de emplearlo.

En el desarrollo de una construcción con madera, la mayor dificultad se presenta en el diseño y fabricación de las uniones estructurales. Estas pueden ser con elementos metálicos tales como clavos, pernos, tirafones, etc., o con otros elementos, como adhesivos. Estos y otros elementos ayudan en la solución de este problema; sin embargo, existe la posibilidad de efectuar las uniones o juntas de los elementos sin emplear ningún otro material que no sea la misma madera, esto es, lo que denominaremos uniones madera-madera.

¹ Profesor Asociado. Universidad Nacional Agraria. Departamento de Industrias Forestales. 1982.

Este tipo de uniones, como todo elemento estructural, tiene que ser probado, ensayado y evaluado. En el presente trabajo se estudian las uniones madera-madera en diferentes tipos o solicitudes de uso.

El trabajo se llevó a cabo en la Sección de Construcciones Forestales y en los Laboratorios de Tecnología de la Madera, Departamento de Industrias Forestales. Universidad Nacional Agraria, se empleó madera de Tornillo y Copaiba.

4. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

El cálculo matemático de los esfuerzos en las uniones estructurales es un problema extremadamente difícil y no resuelto teóricamente, los múltiples factores que gobiernan la carga última o carga de seguridad en las juntas o uniones con diferentes elementos hace imposible obtener ecuaciones por cualquier método, por este motivo fundamentalmente, las resistencias se obtienen experimentalmente. (1), (5), (8).

El esfuerzo y la estabilidad de cualquier estructura depende, altamente, de los elementos de la unión que hace que todos los elementos se vuelvan un todo, entre los principales elementos de unión se tiene a los clavos, tirafones, pernos, tornillos, pines metálicos, placas metálicas, entre otros. En la Figura No. 1 se presentan los principales elementos de unión. (4), (6), (9), (10).

La capacidad de carga de las uniones estructurales normalmente está gobernada por la resistencia de la madera, o del elemento de unión y de la combinación de ambos. Independiente del tipo de unión, existen factores que afectan en general a todos ellos, estos factores son duración de carga, condición de servicio, factor de tratamiento, factor de forma o de configuración, factor de grano, factor de espesor, factor de capacidad y penetración del elemento de unión. Esta información, por considerarse, valiosa se presenta en un anexo del presente trabajo (7).

Las uniones o encuentros de los elementos de una construcción normalmente están fabricados con clavos, pernos, tirafones u otros; sin embargo, también pueden construirse sin emplear ningún elemento extraño. Este es el caso de las uniones madera-madera. El tipo más conocido es empleado en Europa y en Estados Unidos, empleando madera redonda, pero que lamentablemente, no se pudo conseguir información técnica, específicamente valores de resistencia. En la Figura No. 1 se presenta este tipo de unión (2), también existe un tipo de unión madera-madera empleado por una compañía peruana, básicamente consiste en blocks de madera de 2" 3/8 x 4" x 12" con una especie de machihembrado en su superficie superior (macho) e inferior (hembra) y en cada extremo que le permiten el ensamblaje; no se reportan valores de resistencia (3).

El tipo de unión madera-madera estudiado en el presente trabajo no tiene antecedentes a nivel técnico, sin que esto signifique que no se haya empleado o se esté empleando en alguna parte.

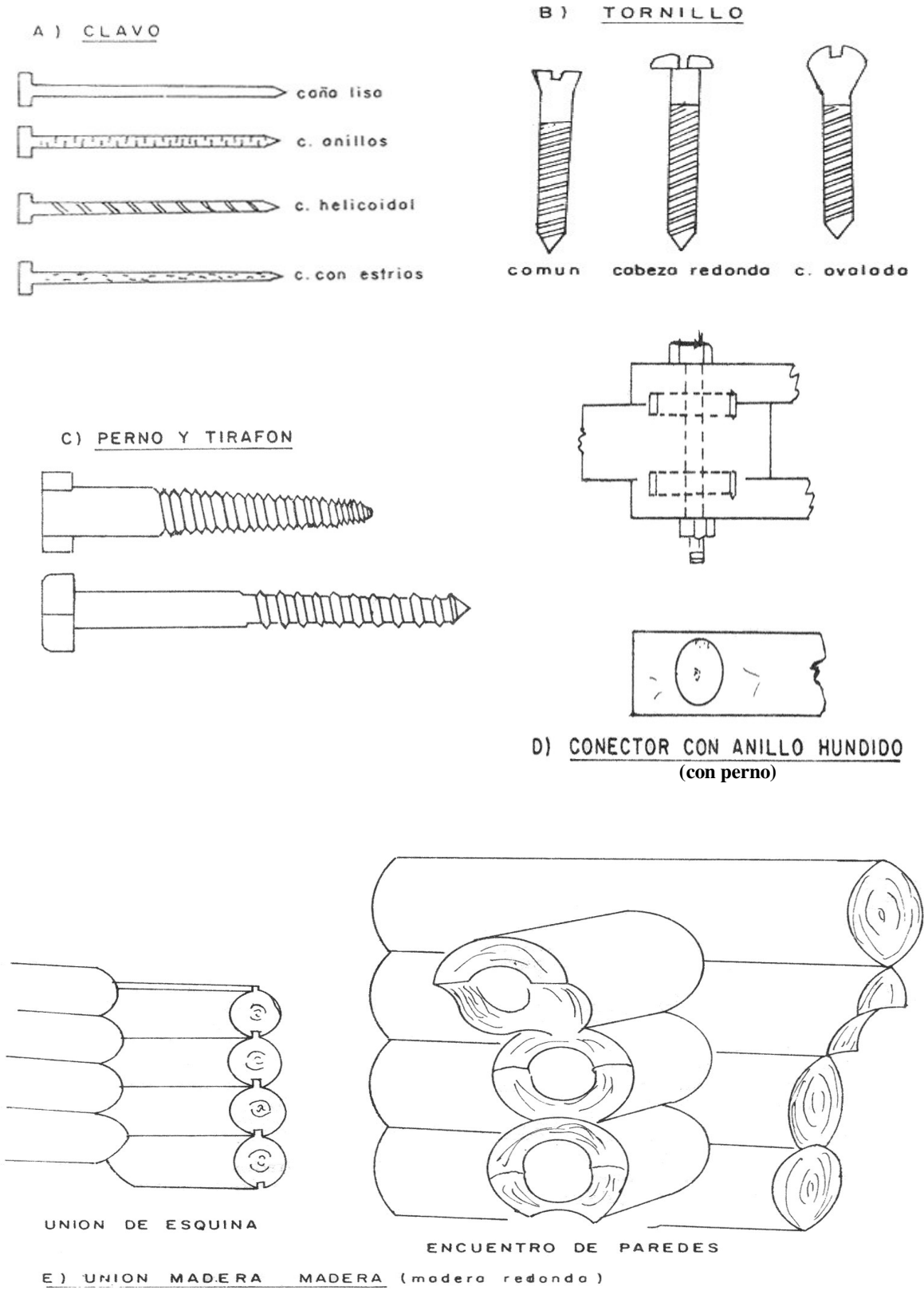


Figura No 1 PRINCIPALES ELEMENTOS DE UNION

5. MATERIALES Y PROCEDIMIENTO.

5.1 Lugar de Ejecución.

El ensayo y análisis se llevaron a cabo en la Sección de Construcciones Forestales y en los Laboratorios de Tecnología de la Madera del Departamento de Industrias Forestales. Universidad Nacional Agraria.

5.2 Selección de Especies

El criterio básico de la selección de las especies a estudiar fue su uso difundido en la construcción en general, estas especies son:

- Tornillo - *Cedrelinga catenaeformis* Ducke
- Copaiba - *Copaifera officinales* L.

5.3 Equipos y Herramientas

- Máquina, ensayo Tinius Olsen con accesorios.
- Balanzas, estufas.
- Maquinaria de carpintería.
- Otros.

5.4 Muestras de Madera e Identificación

La madera fue adquirida en los depósitos de Lima, identificándolas en la Sección de Anatomía de la Madera, Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria.

5.5 Tipos de Pruebas - Repeticiones

La selección de los tipos de pruebas fue de acuerdo a las principales solicitudes que puedan presentarse en la construcción con madera. Se ensayaron los siguientes casos:

- Unión (encuentro) viga-pared (Tipo I)
- Unión (encuentro) pared-pared con carga horizontal (Tipo II)
- Unión (encuentro) pared-pared con carga vertical (Tipo III).

Las características de las probetas ensayadas se presentan en las Figuras Nos. 2 y 3.

Las repeticiones para cada una de los tipos de ensayo y por cada especie fueron de 5.

El contenido de humedad de las probetas seco al aire, entre 15-18% de contenido de humedad.

5.6 Procedimiento

En la preparación de las probetas se tuvo bastante cuidado en la escuadría de las mismas, el ensamblaje fue efectuado sin empleo de cola ni clavo ni otro elemento que no sea las mismas piezas de madera.

Una vez armada la probeta se sometió a ensayo en la Prensa Universal "Tinius olsen", la carga se aplicó a una velocidad constante de 0.061 pulgadas/minuto, registrándose las deformaciones para cada incremento de carga, se condujo el ensayo hasta la carga máxima. Con los datos se trazó la curva carga-deformación.

El cálculo de los resultados fue hecho teniendo como base los conceptos de esfuerzos unitarios, corte paralelo y perpendicular.

Los resultados obtenidos se analizaron estadística mente, determinándose el promedio general, coeficiente de variación para 0.05 P.

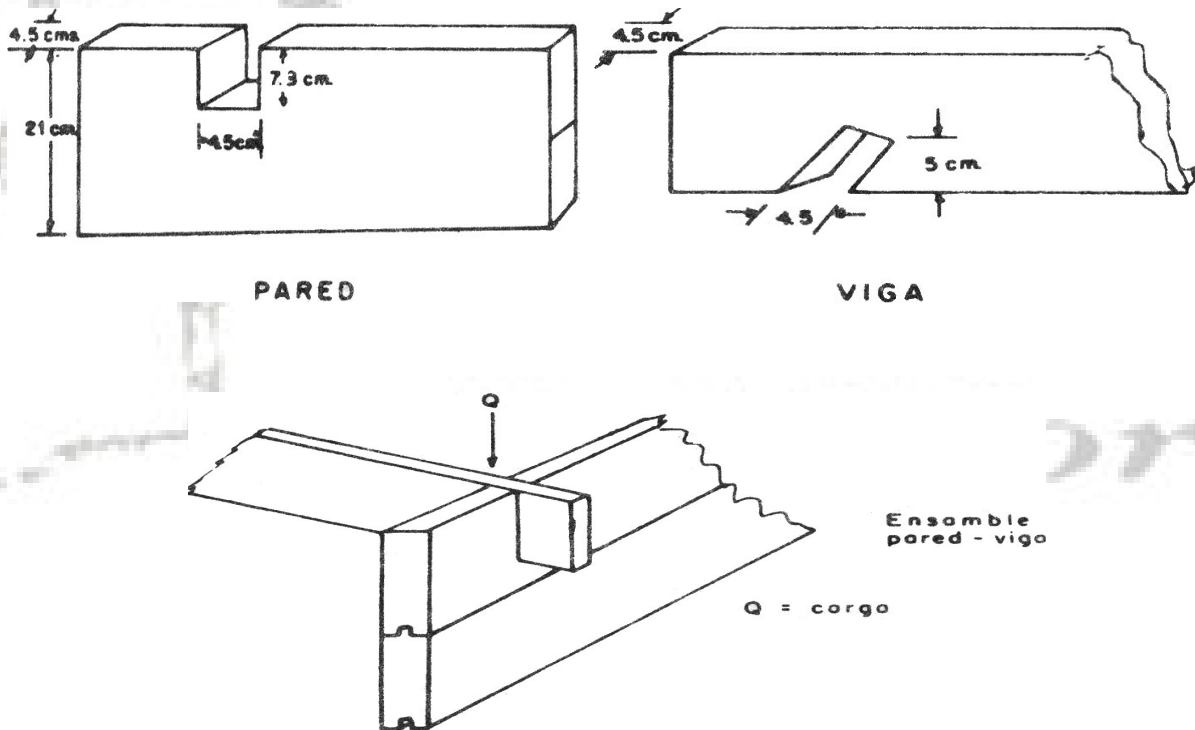


Figura No.2- UNION MADERA-MADERA (Vigo- pared) (Tipo I)

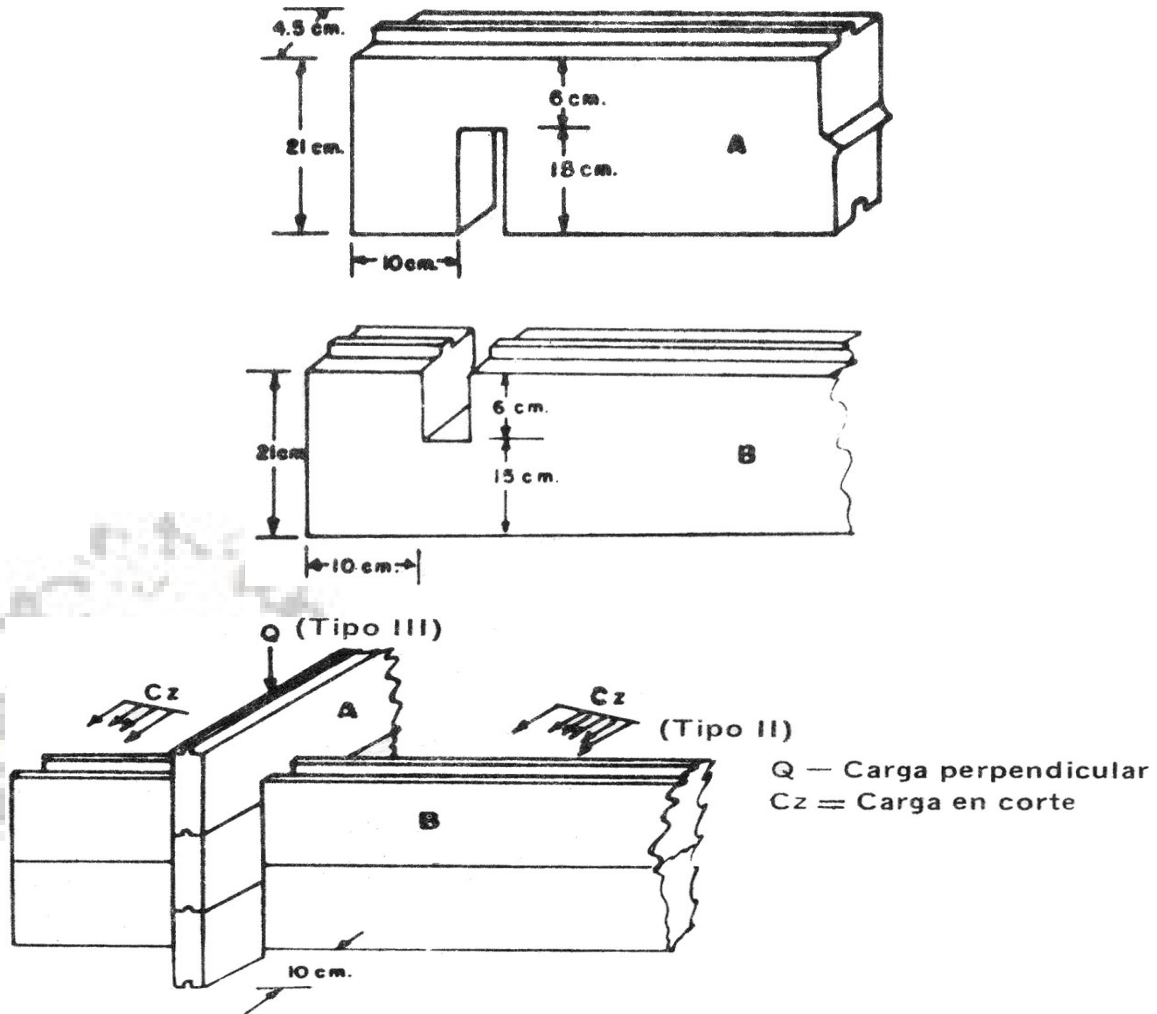


Figura No 3- UNION MADERA -MADERA(pared-pared)

6. RESULTADOS

En el cuadro No. 1 se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorios.

CUADRO No. 1

RESISTENCIA UNION MADERA - MADERA SEGÚN TIPOS
(Kg/cm²) (Valores Promedios)

Especie	TIPO			Densidad gr/cm ³
	I	II	III	
Tornillo	40 ± 4	220 ± 18	80 ± 18	0.45
Copaiba	54 ± 5	250 ± 10	90 ± 10	0.61

- Tipo I Unión viga-pared
- Tipo II Unión pared-pared (compresión Paralela)
- Tipo II Unión pared-pared (compresión Perpendicular) (Cizallamiento)

7. DISCUSIÓN

Con la finalidad de efectuar la discusión con mayor claridad, los resultados se graficaron; la misma que se presenta en la Figura No. 4

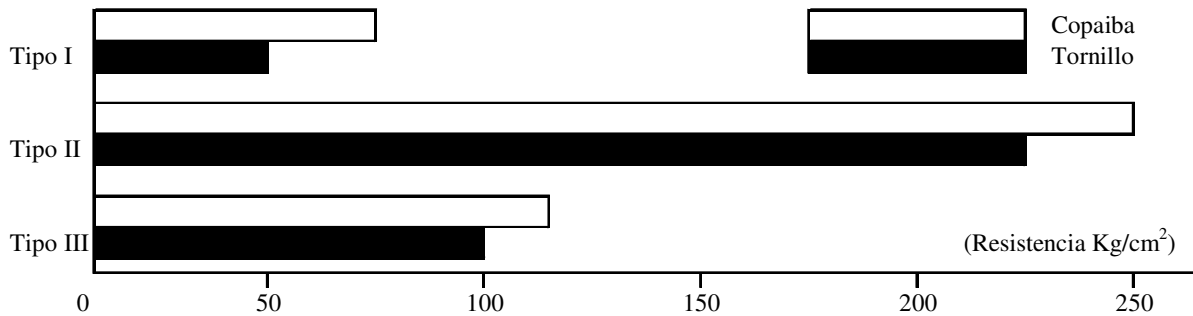


Figura No. 4 Representación gráfica de la resistencia de las maderas ensayadas (por tipos)

Al analizar las resistencias por especie notamos que la copaiba supera al tornillo en los tipos I, II y III, básicamente los resultados están directamente en función a la densidad de las maderas. Observando las diferencias entre los tipos de unión, independiente de las especies veremos que el tipo I (unión viga-pared) es el de menor valor, debiéndose esto a que esta unión es el de mayor solicitud lo que lleva a suponer que el diseño y construcción de estos elementos se debe tener sumo cuidado; el tipo III es el que sigue en resistencia, en realidad, este tipo es un caso de ensayo de cizallamiento o corte paralelo a las fibras, básicamente está en función del área de corte, tipo de grano y densidad de cada madera; se debe tener cuidado, al igual que en el caso anterior, el diseño y fabricación.

El tipo III Unión pared-pared en compresión paralela, en ambas especies, es la de mayor resistencia diríase que es un ensayo de compresión de un muro con bastante apoyo, por lo tanto, su resistencia es muy alta, se deberá tener cuidado en la fabricación para lograr un buen ensamble y evitar dificultades, como el de estabilidad, que ocasionalmente se puedan presentar debido a cargas laterales.

De la misma manera y reiteradamente se hace notar que elementos complejos, como son esta clase de juntas o encuentros, sigue existiendo la relación directa entre densidad y resistencia; esto es la copaiba con mayor densidad que el tornillo, presenta mayores valores en todos los casos.

8. CONCLUSIONES

- La unión viga-pared es la de menor resistencia, lo que implica tener cuidado en el diseño y fabricación de este elemento.
- La unión pared-pared a esfuerzo de corte o cizallamiento presenta valores mayores que el caso anterior, sin embargo, se debe tener cuidado en el diseño y fabricación.
- La unión pared-pared en compresión, presenta valores bastante altos, esto es, presenta mayor resistencia, se deberá tener cuidado en el montaje de los muros para evitar problemas de estabilidad, las ranuras para el machihembrado deben ser los más exactos posibles.
- Las maderas para estos tipos de uniones deben estar en condición seca al aire, con el fin de evitar cambios dimensionales y posibles agrietamientos u otros defectos.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION. Timber Construction Manual. John Wiley and Sons. Inc. Second Edition. New York. Toronto. 1874. 480 p.
- 2.- FINISH TRADE REVIEW. 2/79. Wood to live in the Finnish Foreign trade Association. Finlandia. 1979. 22 p.
- 3.- FOLLETO. Folleto divulgativo de Ladrillos Modulares de Madera. 1982.
- 4.- FOREST PRODUCTS LABORATORY. Wood Hand Book. Wood as an engineering material. Agriculture Hand book No. 72. 1974. 200 p
- 5.- HANSEN, H.J. Modern Timber Design John Wiley and Sons. New York. 1974. 232 p.
- 6.- HOYLE, R. Wood Technology in the Design of Structures Mountain Publishing Co. Montana. 1978. 330 p.
- 7.- LAMINATED TIMBER INSTITUTE OF CANADA. Timber Design Manual Ottawa. Canadá. 1973. 457 p.
- 8.- TIMBER ENGINEERING COMPANY. Timber Design and Construction Hand book. Mc Graw Hill Book Company. New York. 1956. 622 p.
- 9.- VALENZUELA A., W. Estudio Tecnológico de Madera del Perú. Características Tecnológicas y Usos de la Madera de 40 Especies del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt. Área Uniones Estructurales UNA. Lima, 1975. 171 p.
- 10.- ----- Tablas de Diseño en Uniones Empernadas. Revista Forestal del Perú. Vol. IX. Lima-Perú.

ANEXO No. 1
Factores que afectan las Uniones estructurales (7)
Cuadro No. 2 Factores generales

Factor de Modificación	Unión Estructural afectada
Duración de carga	Todas
Condición de servicio	Todas
Factor de tratamiento	Todas
Factor de configuración	Conectores
Factor de grano	Pernos
Factor de espesor	Conectores, pernos y tirafones
Dfactor de capacidad	Pernos
Factor de placas	Pernos, tirafones, clavos, remaches metálicos
Factor de penetración	Conectores, remaches, clavos y tirafones

Cuadro No. 3
Factor de Duración de Carga (7)

Duración de carga	Aplicación o uso técnico	Madera laminada	Unión con pernos, tirafones, clavos y conectores
Continua	Fisos sometida a carga máxima, soporte de cargas, muertos, paredes portantes.	0.95	0.90
Normal	Fisos en general, estructuras varias, algunas paredes portantes.	1.00	1.00
2 meses	Estructuras temporales, cargas no continuas.	1.13	1.15
7 días	Andamiaje, encofrados.	1.18	1.25
1 día	Cargas de viento o sismos, algunos encofrados.	1.22	1.33
Instantáneo	Impacto	1.48	2.00

Cuadro No. 4 **Factor de Tratamiento (7)**

Tipo	Tratamiento preservador	Tratamiento ignífugo
Madera laminada	1.00	0.90
Conectores y clavos	1.00	0.80
Pernos y tirafones	1.00	0.90

Cuadro No. 5 **Factor Condición de Servicio (7)**

Tipo de Unión	Madera Seca			Madera Húmeda		
	Condición de Servicio (1)			Condición de Servicio (1)		
	Seco	Intermedio (2)	Húmedo	Seco	Intermedio (2)	Húmedo
Madera laminada	1.00	0.85	0.85	No permitido		
Conectores de madera	1.00	0.67	0.67	0.80	0.67	0.67
Pernos y tirafones	1.00	0.75	0.67	11.00	0.75 a	0.67 a
Clavos	1.00	0.75	0.75	0.75	0.30	0.27
					0.75	0.75

(1) Se refiere a condición de uso o de servicio

(2) Ocasionalmente húmedo pero secado rápidamente.