



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

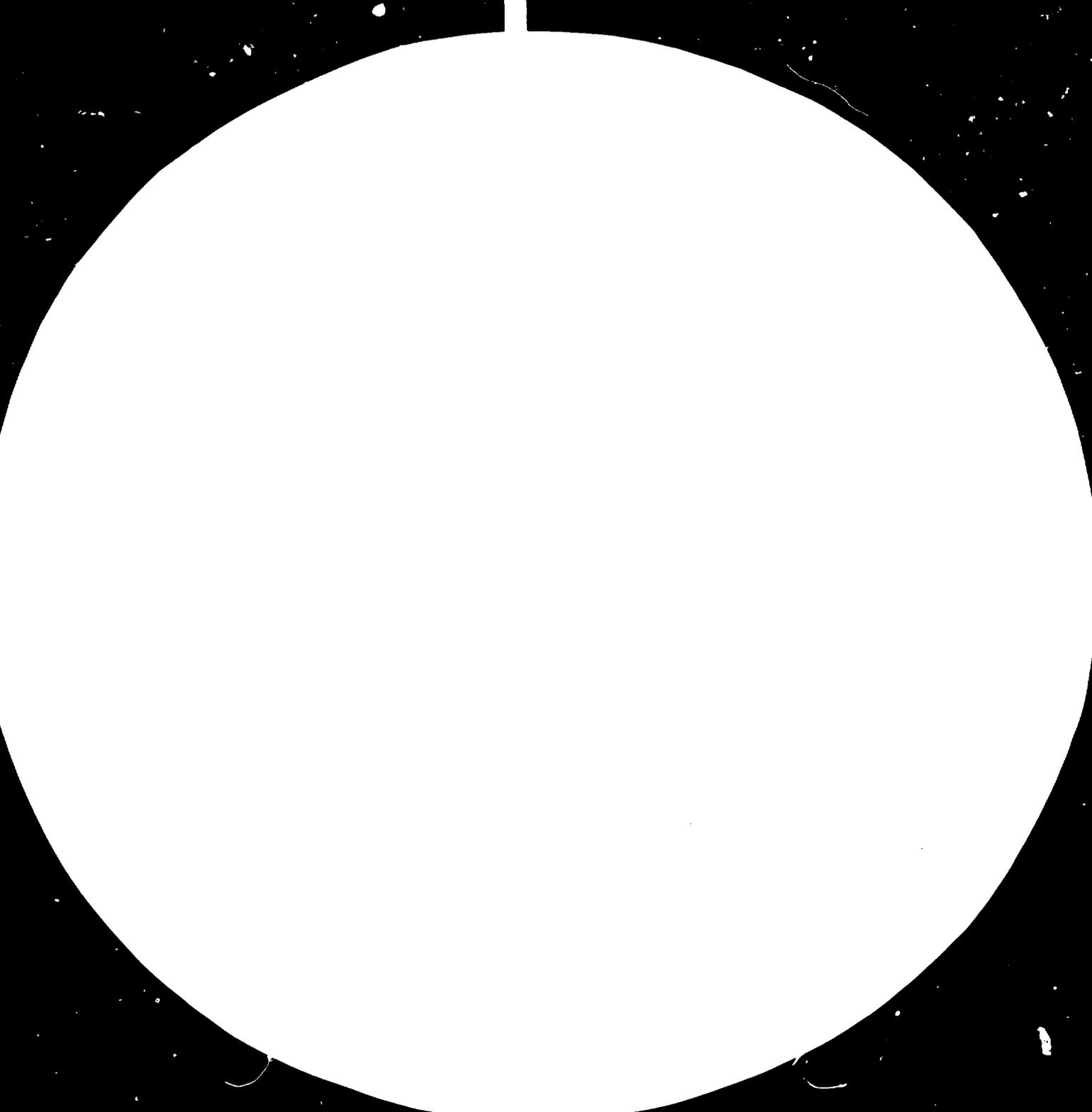
## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)





MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART  
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS  
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a  
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)



Distr. LIMITADA  
ID/WG.447/9  
20 diciembre 1985  
Original:  
ESPAÑOL/INGLES

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

Reunión del Grupo de Expertos en  
construcción con madera

Viena (Austria), 2 a 6 de diciembre de 1985

TECHOS DE MADERA PARA PAISES  
EN DESARROLLO\*

Preparado por  
José Carlos Cano D.\*\*

*Leigasso*

818

\* Las opiniones que se expresan en este documento son las del autor y no reflejan necesariamente las de la secretaría de la ONUDI. El documento ha sido reproducido sin pasar por los servicios de edición.

\*\* Civil Engineer, Lima, Perú.

V.85-37732

**INDICE**

		Pag.	
	Summary	iii	
	Sumario	iv	
1.0	Introducción	a	3
2.0	Techos de madera en países en desarrollo	4	a 9
3.0	Coberturas	10	
4.0	Uniones	11	a 12
5.0	Prefabricación	13	14
6.0	Costos	15	16
7.0	Recomendaciones	17	18

S U M M A R Y

This paper presents the most common systems of wooden roof structures for domestic, agriculture and industrial uses as they are used in some developing countries.

Structural timber joints are described and the convenience of using adhesives discussed.

Types of structures, general sketches and some solutions are presented together with timber quantities utilized in each solution. For comparison, a simple factor for cost estimation is presented for each type of use.

Finally, several roof systems and materials have been analysed and also some recommendations are proposed for production of standard designs and design aids for timber uses in rural areas of some developing countries.

## S U M A R I O

El documento presenta los sistemas mas utilizados en la construcción de techos de madera de uso doméstico, agrícola e industrial en algunos países en desarrollo. Describe la utilización de algunos elementos de unión mas comunes y opina sobre el empleo de adhesivos en ésta parte del mundo.

Presenta diagramas de soluciones adoptados incluyendo un índice de consumo de madera, referido posteriormente a un costo elemental comparable entre sí y con soluciones de otros materiales.

Describe algunos sistemas de coberturas mas usados y finalmente recomienda la producción de ayudas de diseño y especificaciones técnicas para incrementar la utilización de madera en las áreas mas necesitadas de los países en desarrollo.

## 1.0 INTRODUCCION

Las construcciones con madera en países en desarrollo están vinculados históricamente con las construcciones antiguas de los almacenes e instalaciones portuarias, con los techos coloniales, republicanos hasta inicios del siglo actual. Asimismo están ligados en las zonas agrícolas y rurales a las especies de madera de la localidad y época.

Sin embargo la llegada del concreto y desarrollo de la soldadura en el acero han introducido éstos nuevos materiales desplazando a la madera y estancando su desarrollo en la mayoría de los casos.

En general la mayoría de los países en vías de desarrollo poseen recursos forestales que han venido siendo usados de alguna forma para la solución de los problemas constructivos. El uso de dicho recurso se limitó al tradicional de casas y cobertura propias del habitante rural ó sub-urbano una de cuyas características más saltante es el uso del método de tanteos sucesivos para la obtención de una construcción segura.

Esto indudablemente representó un gran desperdicio del material y poco empleo técnico de los elementos de unión para una mejor distribución de las cargas en los elementos.

Las áreas rurales generalmente están alejadas de los centros urbanos donde la técnica y mano de obra especializada se concentra.

Las áreas rurales no cuentan con caminos de acceso fáciles que permitan transportar partes y piezas de construcciones pesadas.

Son ejemplo un poste de conducción de energía o de comunicaciones es muy difícil de llevar a lugares remotos si es de acero o concreto, muchas veces el medio de transporte es solo usando bestias de carga.

En el desarrollo rural, muchas veces la inversión principal es la destinada a la infraestructura, por ejemplo una planta seleccionadora de fruta para consumo no requiere si no de un buen techo y mesas transportadoras; - asimismo en una granja avícola de carnes la inversión mayor está en el galpon, el cual debería ser durable y resistente, de tal suerte que pueda ser objeto de financiación.

Por otro lado las entidades de crédito deben aprender a valorar una construcción con madera, decir cuando está bien hecha, su duración, la buena práctica del constructor, etc. La estimación de costos, las formas de controlar las entregas parciales de dinero, etc., que para el caso de las obras de madera difieren en muchos aspectos de las construcciones con otros materiales.

El mundo de la tecnología de la madera se ha avanzado mucho en los países desarrollados y se ha defasado el conocimiento y la experiencia respecto de las zonas del mundo en vías de desarrollo, asimismo la profundidad del conocimiento entre ambos sectores es distinta, así como lo son la naturaleza de sus especies forestales.

Sin embargo los esfuerzos realizados y las necesidades surgidas en las áreas marginadas, remotas y de mayores necesidades de los países en desarrollo coinciden en el punto de aplicación. Es decir estamos en el momento -- preciso de propulsar el uso racional de la madera para solucionar la mayoría de las necesidades de construcción de

dichas áreas geográficas y a dichas poblaciones.

Es tarea de quienes entienden el significado de la utilización apropiada de un recurso propio el dar a conocer, impulsar, ayudar a desarrollar conocimientos y experiencias técnicas que ayuden a conseguir tal fin

## 2.0

### TECHOS DE MADERA EN PAÍSES EN DESARROLLO

#### 2.1. Consideraciones de climas y cargas

El clima en los países en desarrollo generalmente de cá lido, tropical a templado, produciéndose cargas de lluvia y viento moderado en la mayoría de los casos. Las cargas pesadas como nieve por ejemplo rara vez ocurren aun en áreas elevadas de cordillera. Casos muy aislados de construcciones para la minería de altura soportan cargas de nieve.

En muchas áreas, la lluvia no representa ningún problema pues no se presenta con intensidad ni frecuencia, asimismo vientos huracanados son raros o inexistentes. Por el contrario en esas áreas se presentan sismos con relativa frecuencia.

#### 2.2. Tipos de Techos

##### a) Uso Doméstico

Urbano y rural, se destina a casas, graneros y techados de uso múltiple para herrería, carpintería, agrícola, almacenes etc. Se caracteriza por techo de arcilla-cocida (teja española), palma ó paja, luces no mayores de 6 metros y generalmente de tipo tradicional de poste y viga o largueros y viga cumbreira. Sobredimensionada por carecer de diseño técnico de los elementos y ningún diseño de uniones.

##### b) Uso Agrícola

Semi urbano y rural, generalmente destinado a granjas avícolas, porcinas y vacunos.

Tradicionalmente solucionado el problema de luces mayores de 6 mts. con un poste central. En esa época se usaba madera importada para granjas de gran volúmen, en algunos - casos perfiles de acero y muy rara vez columnetas de concreto. En el caso de granjas pequeñas se usa caña y madera redonda del lugar, con uniones muy rudimentarias, en algunos casos amarres con sogas o tiras de cuero.

En algunas regiones han aparecido granjas prefabricadas - de madera que incluyen conceptos modernos de uniones y - elementos estructurales auxiliares, como tirantes y patas de gallo ó rigidizadores diagonales.

Estos sistemas debieron competir con los tradicionales en costo y se ha usado el concepto del "Diseño a la Rotura"- literalmente hablando. Es decir los coeficientes de seguridad son llevados al límite máximo y el control de calidad es dado al final de la construcción. Si hay piezas - que se llegan a romper o deflectar excesivamente se reemplazan por otras.

La falta de planos típicos y especificaciones técnicas - apropiadas para éstos usos es notoria entre los diseñadores, fabricantes y usuarios de las construcciones agrícolas, generalmente lo único que se puede conseguir es algún intento de diseño adaptado al medio sin ser técnicamente aceptable ni económico.

### c) Uso Industrial

Al igual que los usos antes mencionados la madera - se dejó de usar al aparecer el acero y la tecnología del concreto.

Sin embargo hay todavía ejemplos de construcciones industriales de madera en las cuales se emplea con diseños, valores estructurales y hasta material importado o extraño a los países en desarrollo.

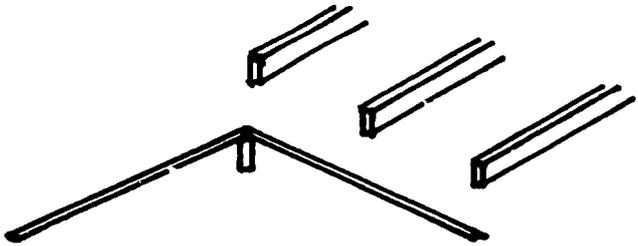
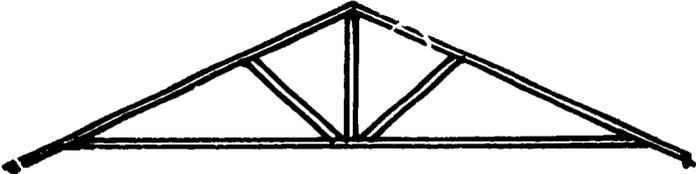
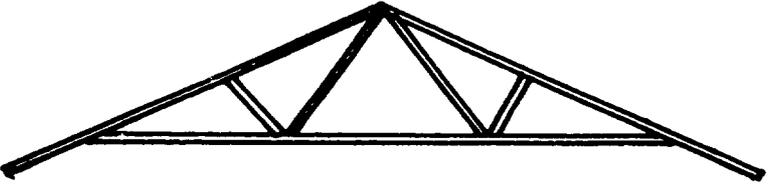
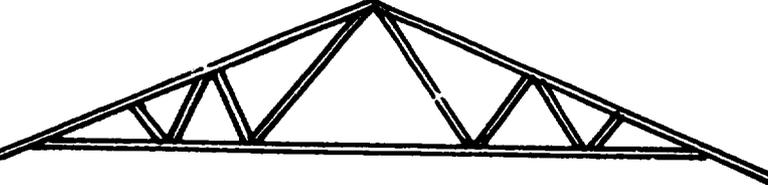
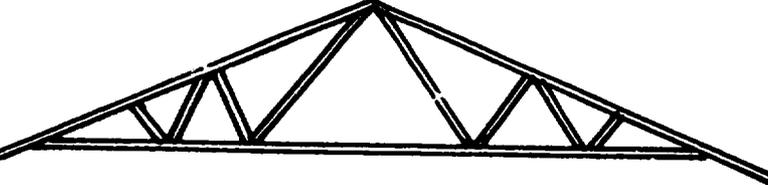
Recientemente se han empezado a usar en pequeña escala técnicas modernas para el uso de especies nativas en construcciones modernas de madera.

Cabe destacar el uso de pernos y placas dentadas (Gun nail) en algunos países con licencia para ello y el uso intensivo de clavos para soluciones de vigas y arcos de alma diagonal.

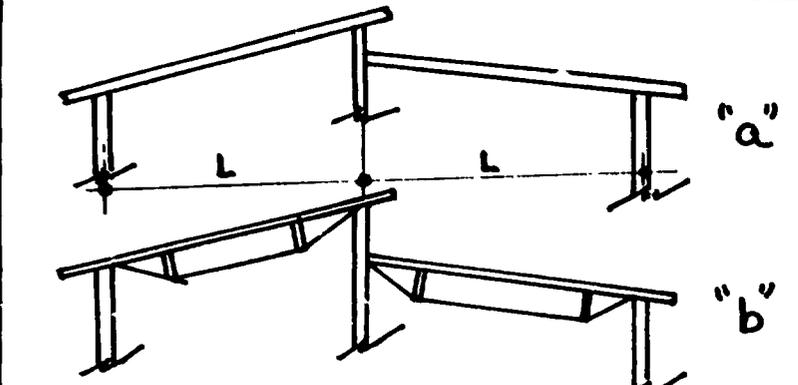
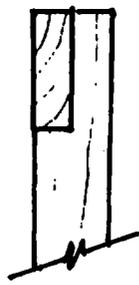
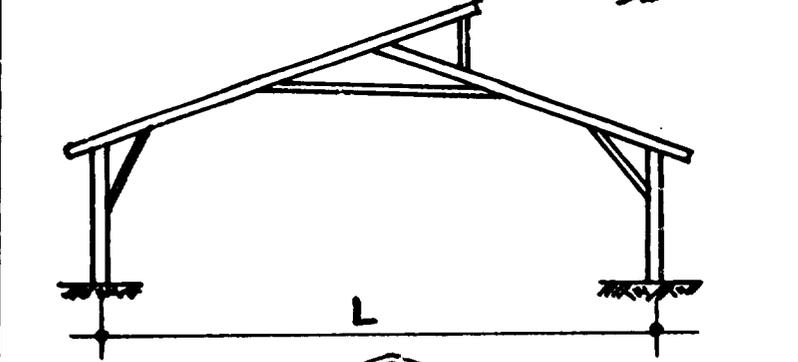
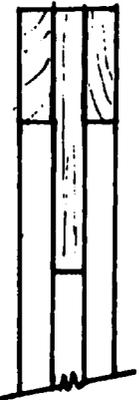
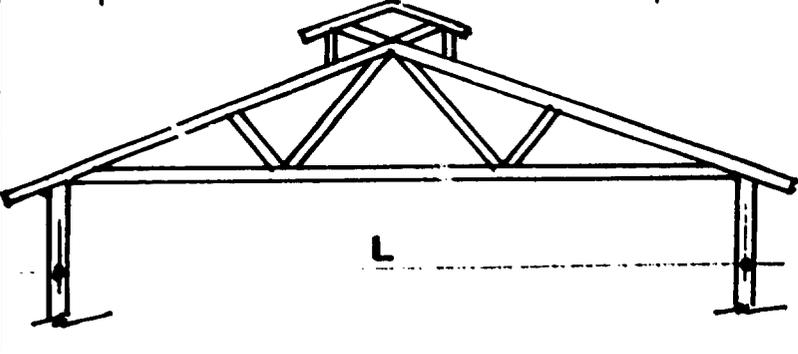
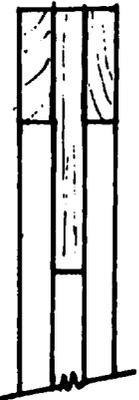
Aquí también la competencia del acero ha ido más allá de lo tradicional, la facilidad con que se encuentran varillas de acero de alta resistencia para concreto armado ha permitido el desarrollo de diseños muy livianos tridimensionales que abaratan el costo de un techo industrial, tal vez con las limitaciones del tirante horizontal de los arcos elevados.

Es necesario usar al máximo las técnicas de la ingeniería de madera para racionalizar las construcciones industriales y ser económicamente competitivo.

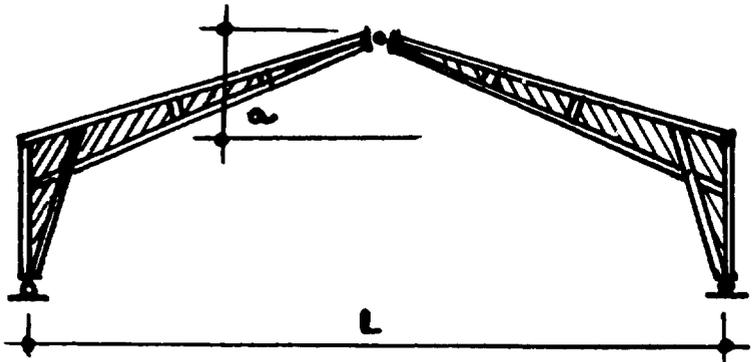
SISTEMA DE TECHO DE MADERA DE USO DOMESTICO

TIPO	Sección Transversal	Luz ML	DESCRIPCION	Cantidad de Madera p.t / M <sup>2</sup>
		3.0	Viguetas de sección sólida para soporte de planchas de techo.	3.0
		4.5	Viga principal, viguetas, largueros de madera sólida	6.0
		6.0	Cercha montante maestro y viguetas. Madera sólida y uniones artesanales.	8.0
		7.5	Tijeral montante maestro y viguetas Madera sólida o secciones compuestas, uniones clavadas o empernadas.	9.0
		12.0	Tijeral y viguetas de sección compuesta. Uniones con clavos, pernos o placas dentadas	10.0
		15.0	Tijeral Belga y viguetas. Sección compuesta. Uniones con clavos, pernos o placas dentadas	12.0

SISTEMAS DE TECHOS DE MADERA DE USO AGRICOLA

Nº	TIPO	Sección Transversal	Luz ML.	DESCRIPCION	Cantidad Madera p.t./ M <sup>2</sup>
7.º			6.º	Poste y viga de sección simple y viguetas livianas caso "b" se reduce sección de viga por ayuda del acero de tensión	7.5
8.º			12.º	Poste y viga de sección compuesta clavada. Viguetas livianas según el material de cubierta	6.º
9.º			12.º	Columnas de sección compuestas espaciadas. Tijeral tipo modificado para linterna de ventilación superior. Viguetas livianas con rebajo para arriostre de tijerales	7.º

SISTEMAS DE TECHOS DE MADERA DE USO INDUSTRIAL

Nº	TIPO	Sección Transversal	Luz ML.	DESCRIPCION	Cantidad Madera D.t./ M <sup>2</sup>
10.º			12.º	Viga plana de cuerdas paralelas H - 1/4 Luz (aprox.)	12.º
11.º			16.º	Viga a dos aguas, sección de altura variable. Hmin = 1/20 Luz (aprox.)	9.º
12.º			18.º 26.º	Arcos triarticulados de sección variable y cuerdas simples o laminado encolado. Hmin - 1/30 luz a (aprox) - 1/6 Luz	12.º 15.º
				<b>GENERAL:</b> Estructuras de alma diagonal entablada, clavada o clavado-encolada a las cuerdas superior o inferior simples o laminado-encoladas.	

### 3.0 COBERTURAS

En las construcciones domésticas y agrícolas de las áreas rurales o urbanas provincianas se ha venido usando - generalmente coberturas hechas con materiales locales y fabricados artesanalmente.

En primer término está la teja de arcilla hecha por el mismo usuario o algún fabricante vecino, arcilla moldeada sobre el muslo y cocida en los hornos artesanales de la localidad. Techo muy pesado, sobrepasa los 50 Kg/M<sup>2</sup> de carga y en las zonas sísmicas requiere de ser clavada al entramado de madera.

En zonas de abundancia de madera y palma se usa el teja manil o láminas de madera desgarrada y/o aserrada, con madera de buena durabilidad natural y estabilidad dimensional. La palma se teje en varias capas sucesivas obteniéndose un techo impermeable, pero de duración limitada.

Es sólo con la aparición de las planchas corrugadas - metálicas y de adbesto cemento, que los techos agrícolas y agroindustriales han podido desarrollarse, al abaratare el costo referido a la duración y al requerir de estructuras más livianas.

En los techados industriales de la urbe, el ahorro es significativo pues las planchas permiten disminuir la densidad de las viguetas de soporte. Se puede apreciar techos - realmente livianos contruídos tanto en madera como acero, - muchas veces no llegan a soportar a los trabajadores que construyen o reparan los techos y los trabajos se hacen por debajo, en andamios provisionales

#### 4.0 UNIONES

En la antigüedad se utilizaron amarres de cáñamo y cuero, así como trabazones de madera y metal para unir las construcciones de madera y caña. Posteriormente se empezó a usar clavos, pernos, clavijas y tirafondos pero con criterios estructurales muy rudimentarios. Esto contribuyó notablemente a usarse mayores dimensiones en los elementos para el soporte de las cargas

En los años recientes, las pocas construcciones de madera de cierta importancia se han hecho siguiendo tablas y manuales de diseño provenientes de países desarrollados, los cuales no son los más apropiados para las maderas y las condiciones locales.

Es sólo cuando se puede contar con valores de resistencia para las uniones hechas con madera local, que las estructuras resultan apropiadas y competitivas.

En muchos de los países en desarrollo que cuentan con recursos forestales existe información suficiente para saber diseñar uniones clavadas y empernadas.

En menor número de países se puede contar con un agente y fabricante de algún sistema de placa sentada, -posiblemente sub-utilizado (generalmente se usa para evitar rajaduras en las secciones transversales de postes, durmientes u otro uso de madera de gran sección transversal)

Los casos de experiencia en el manejo y fabricación de estructura hechas con colas estructurales son poco frecuentes. Al igual que las placas sentadas la patente y la

cola son importadas, pero los sistemas de placas dentadas, se encargan de proporcionar equipo, asistencia técnica en la fabricación y en la mayoría de las veces también contribuyen con el diseño de ejemplos tipo. En el caso de las colas, el servicio técnico no llega a tanto detalle, lo cual complica aún más las posibilidades de usarse y se cierra el círculo vicioso de precio alto por importación y poco consumo que hace más lejano el hecho de ser producido localmente por gran demanda, y gran demanda por bajo costo.

Los ejemplos que se encuentran contruidos en algunos países en desarrollo han demostrado que es posible obtener múltiples ventajas usando métodos modernos de diseño de uniones clavadas, uniones empernadas y uso racional de colas estructurales. Aun más, el uso de colas epóxicas para uniones estructurales pequeñas (scarf Joints) que sustituyen las soluciones de pernos y otros, han demostrado que abarata la solución y mantienen la estética de la estructura.

## 5.0 PREFABRICACION

### 5.1. Análisis

En vista de la poca difusión de técnicas modernas de ingeniería de madera, inicialmente la promoción de uso de madera está ligada a la idea de prefabricación, donde se respeten reglas de calidad, normas de construcción necesarias para asegurar la duración y permanencia de la edificación prefabricando parte de la estructura y centralizando el esfuerzo de la técnica se puede sentar las bases de sistemas constructivos económicos, funcionales y confiables.

A pesar de que la inversión no es muy elevada, con ésta idea de prefabricación polarizada en un región se obtendría pleno uso del equipo y mano de obra justificándose los costos iniciales.

Se presenta un ejemplo de inversión y cantidades de obra de una región hipotética en una área deprimida económicamente.

## 5.2 Inversión y Cantidades de Obra

### HIPOTESIS

- Población del área 3'000,000 Hbs.
- Población agrícola 300,000 Hbs.
- Ingresos estimados anuales  
de la población agrícola 36'000,000 US \$

### CALCULOS

- Inversión mínima 360,000 US \$
- Equivalente en área de  
techo agrícola 100 galpones de  
500 m<sup>2</sup> c/u
- Insumo de madera 300,000 p.t. o  
600 m<sup>3</sup>
- Porcentaje de la producción  
de madera local (País no  
exportador de madera) 1.25 %

6.0 ANALISIS DE COSTOS

Se presenta a continuación una estimación de bases para analizar costos partiendo de las siguientes premisas:

- a) En una construcción con madera los costos son proporcionales a la cantidad de madera utilizada.
- b) Las uniones y otros accesorios de fijación para estructuras livianas representa entre el 10% y el 20% del costo total.
- c) Siempre que los sueldos mínimos vitales no sobrepasen los 100 dólares mensuales, la mano de obra de fabricación y montaje no sobrepasará el 10% del costo total.
- d) En cada región los costos varían según las facilidades de obtención de materiales, según las distancias y costo del carburante, etc. Por lo tanto las estimaciones sugeridas sirven solamente para una primera cifra y deberán ser rápidamente ajustadas para cada caso en particular.

FACTOR K RELATIVO AL COSTO MADERA  
ASERRADA HUMEDA SIN PRESERVAR

	DOMESTICO	AGRICOLA	INSUMOS
FACTOR SOBRE COSTO MADERA ASERRADA	2.0	2.4	2.9

Ejemplos calculados en dólares Noreamericanos

Techo Doméstico Nº 5

$$\text{COSTO} = 10 \text{ (p.t./M}^2\text{)} \times 0.4 \text{ (\$/p.t.)} \times 2.0 \text{ (K)}$$

$$\text{COSTO } \$/\text{M}^2 = 8 \text{ \$/M}^2$$

Techo Agrícola Nº 8

$$\text{COSTO} = 6 \text{ p.t./M}^2 \times 0.4 \text{ \$/p.t.} \times 2.4 \text{ (K)}$$

$$\text{COSTO} = 5.8 \text{ \$/M}^2$$

Techo Industrial Nº 12 Simple

$$\text{COSTO} = 12 \text{ p.t./M}^2 \times 0.4 \text{ \$/p.t.} \times 2.9 \text{ (K)}$$

$$\text{COSTO} = 14 \text{ \$/M}^2$$

## 7.0 RECOMENDACIONES

A fin de ayudar al incremento del uso de madera en construcción se detalla una posible manera de preparar - diseños tipo y soluciones racionales competitivas para - países en desarrollo.

### 7.1 Objetivo

Diseño de soluciones de construcciones tipo para - uso doméstico, agrícola, agroindustrial e industrial, usan do madera y elementos de unión locales.

### 7.2 Actividades

a) Planear y escoger cuidadosamente los sectores de un país o región donde se iniciarían estas activida - des. Así por ejemplo el sector industria, agricultura, - educación, salud, construcciones y obras públicas, etc. a fin de que se pueda contar con contrapartida técnica ade cuada y sobre todo con experiencia, información adecuada, interes por el programa y recursos para implementarlo.

b) Preparar un documento general válido para va rias áreas geográficas conteniendo un rango grande de ideas y soluciones posibles.

c) Viajes y visitas a cada región o país en parti cular tomando nota de los niveles, soluciones autóctonas- y materiales y métodos empleados. Registros de costos es- importante.

d) Trabajo en conjunto con los diseñadores nacio- nales ajustando y adaptando soluciones del documento gene

ral a las condiciones observadas en el país. Incluir especificaciones técnicas y recomendaciones de fabricación y montaje.

e) Preparar sistemas típicos de análisis de costos a fin de comparar las diferentes soluciones formuladas y existentes en el mercado local.

f) Diseñar, fabricar y construir uno o varios modelos o ejemplos.

