

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y ARTES



**“ESTRUCTURA EN MADERA LAMINADA
ENCOLADA”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

ARQUITECTO

JUAN JOSÉ BRINGAS MASGO

ASESOR:

ARQ. MANUEL VILLENA

LIMA – PERU 2,002

AGRADECIMIENTOS:

A mis padres por ser los creadores,

A mis hermanos por su apoyo incondicional,

A Isabel, que me acompaño por un momento

ESTRUCTURA EN MADERA



Refugio de alta montaña totalmente construido en madera.

LAMINADA ENCOLADA

METODOLOGÍA

Para la presentación de este informe se ha seguido la siguiente metodología:

- Este informe se ha desarrollado a partir de la búsqueda de información bibliográfica sobre madera nacional, que esta desactualizada y no es muy abundante, la cual será analizada y desarrollada adecuadamente. También se buscara información bibliográfica sobre madera laminada y estructuras en madera laminada encolada y se la analizara.
- Se visito fabricas que se dedican a la producción de elementos constructivos en madera, también se visito instituciones y proyectos donde se muestran los montajes in situ.
- También se presentan ejemplos de proyectos existentes en el ámbito internacional, bajados de paginas web, así como aportes tecnológicos recientes de empresas internacionales dedicadas a la construcción y/o difusión de este material. También se desarrolla una estructura en madera laminada encolada.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| ANTECEDENTES | 2 |
| CAPITULO I: LA MADERA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL | 3 |
| 1.1 Definición. | 3 |
| 1.2 Estructura de la madera. | 3 |
| 1.3 Propiedades físicas de la madera. | 5 |
| 1.4 Propiedades mecánicas de la madera. | 7 |
| 1.5 Propiedades elásticas de la madera. | 9 |
| 1.6 Factores externos que afectan su comportamiento. | 9 |
| 1.7 Defectos de las Piezas. | 10 |
| CAPITULO II: LA MADERA LAMINADA ENCOLADA | 14 |
| 2.1 Definición. | 14 |
| 2.2 Proceso de Laminación. | 15 |
| Materia Prima: La Cola. | 15 |
| Secciones y Espesores para el Laminado. | 17 |
| Procedimiento de Empalme. | 18 |
| Radio de Curvatura. | 18 |
| Condiciones de Humedad. | 19 |
| Procedimiento de Pegado con Cola | 19 |
| Referente a la Protección. | 20 |
| Uniones y Anclajes. | 20 |
| 2.3 Tipologías Estructurales. | 21 |
| 2.4 Comportamiento frente al fuego. | 23 |
| 2.5 Empresas internacionales que fabrican estructuras en madera laminada encolada. | 25 |

| | | |
|--|--|----|
| 2.6 | Ventajas comparativas entre la madera laminada encolada y la Madera. | 26 |
| CAPITULO III: LA MADERA LAMINADA EN EL MERCADO NACIONAL | | 29 |
| 3.1 | Especies Madereras que se extraen en el Perú. | 29 |
| 3.2 | Condiciones favorables para la utilización de las maderas peruanas. | 30 |
| 3.3 | Problemática de las vías de transporte. | 32 |
| 3.4 | Comparación con otros sistemas constructivos. | 33 |
| CAPITULO IV: ESTRUCTURAS EN MADERA LAMINADA ENCOLADA | | 34 |
| 4.1 | Visión de las Estructuras Laminadas en el extranjero. | 34 |
| 4.2 | Seguridad frente a Incendios. | 35 |
| 4.3 | Proyectos: | 35 |
| | Estructura de un Polideportivo en España en Madera Laminada. | 36 |
| | Estructura de un Coliseo Circular en Madera Laminada encolada. | 39 |
| CONCLUSIONES | | 41 |
| RECOMENDACIONES | | 43 |
| BIBLIOGRAFÍA | | |

INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene como objetivo mostrar el desarrollo de un sistema estructural poco estudiado en nuestro país, utilizando como elemento estructural: la madera laminada encolada.

El trabajo se inicia analizando las características y propiedades de las maderas, para su uso estructural. En el segundo capítulo, se exponen las características de la madera laminada encolada, las ventajas de utilizar la madera en laminas pegadas con cola, y la desventaja de utilizarla como pieza única. Luego, se estudia la madera laminada en el mercado nacional y las posibilidades de fabricarlo en el país. Finalmente, se analizan las estructuras en madera laminada encolada y se presenta un proyecto internacional diseñado con una cobertura en madera laminada; y como aporte de su aplicación práctica, se presenta el proyecto: "Estructura de un coliseo circular en madera laminada encolada", el cual nos permite alcanzar los siguientes objetivos:

- Fomentar en nuestro medio, el uso masivo de la madera laminada encolada, en general, además el desarrollo de estructuras en madera laminada encolada, en particular. Destacar las ventajas comparativas respecto a los sistemas estructurales convencionales y sus bondades estéticas. Enfatizando en las ventajas que deben ser aprovechadas y las desventajas que deben ser controladas. En la medida en que más se conozca, se podrá aprovechar al máximo sus virtudes y controlar sus defectos.
- Determinar la relación de maderas nacionales o nativas más adecuadas para su utilización como madera laminada encolada de uso estructural.
- Desarrollar un nuevo concepto de arquitectura ecológica, estética y duradera en nuestro medio, respondiendo a los tiempos actuales. A largo plazo, reducir los tiempos de fabricación de la madera laminada encolada.

ANTECEDENTES

La madera, es uno de los principales productos naturales del recurso forestal peruano, es un material de características y propiedades singulares que la hacen de muy variado y diversos usos. Se estima que, en el Perú, hay alrededor de 2,500 especies forestales en sus bosques, que pueden proveer este material, de los cuales unos 600 serían aptas para ser usadas en la construcción. Debido a la gran diversidad de especies y su poco volumen de uso, se puede escoger las maderas de características similares, para fines específicos.

En la actualidad, la madera es usada para el diseño de muebles y/o estructuras menores, principalmente. La madera como pieza sólida no tiene propiedades estructurales importantes, a diferencia de las maderas pegadas con cola en laminas. A esto se debe que exista una practica limitada en el diseño y construcción en madera. En cambio, las estructuras en madera laminada encolada, muestran gran versatilidad, espacialidad y estética. Con esto analizaremos las posibilidades y ventajas de la utilización de estas estructuras en nuestro medio.

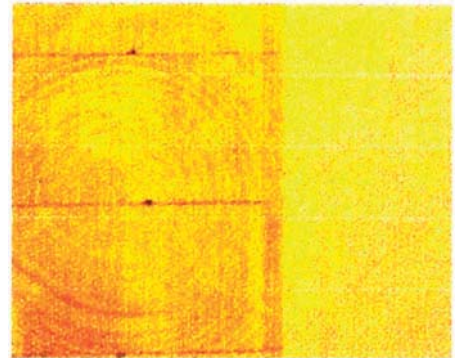
Como consecuencia, el diseño de estructuras en madera laminada encolada, no está lejos de ser desarrollado en nuestro medio, por ingenieros y arquitectos. Además, la factibilidad técnica de la utilización de madera nacional en la elaboración de estructuras laminadas y su aplicación en el país es viable y un área potencialmente rentable para empresas constructoras.

CAPITULO I:

LA MADERA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL

1.1 DEFINICIÓN

La madera esta compuesta de una **sustancia fibrosa** (de 5-25%) y **celulosa** (el mayor constituyente de 40-60%) del cual se compone el tronco y las ramas de un árbol. La unión de las células forma el tejido y el conjunto de los tejidos determina la masa leñosa. Contiene una sustancia importante: la **lignina** (constituye el 20-40%), que es la materia que se endurece considerablemente y confiere al árbol la rigidez necesaria.



Nuestro país cuenta con bosques tropicales de maderas latifoliadas.

1.2 ESTRUCTURA DE LA MADERA

La división que se tiene de la sección transversal desde fuera hacia dentro, en un árbol es:

Corteza exterior: Es una envoltura impermeable que esta formado por un tejido llamado floema, que recubre el Líber y sirve de protección a la planta de los agentes atmosféricos, en especial de la insolación.

Líber: Es una película muy delgada constituida por el tejido floemático vivo. Envuelve la albura y sirve para conducir la savia descendente elaborada en las hojas hacia las ramas, troncos y raíces.

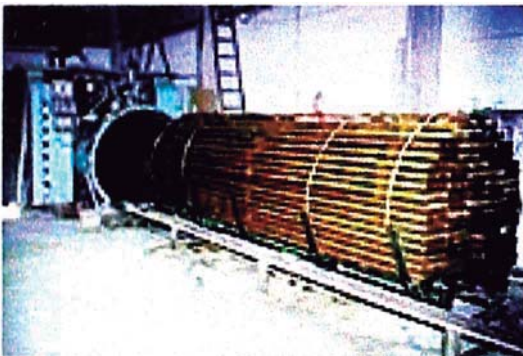
Cambium: Es el tejido que se encuentra entre la corteza interior y la madera. Allí circula la sabia que es el jugo nutritivo del vegetal. Cada año a ambos lados del



Cambium, se forman nuevas células, de manera que cada año la cara externa del mismo forma una capa liberiana y la cara interna de dicho Cambium engendra una capa anular de madera llamada Xilema.

Xilema: Es la parte maderable o leñosa del tronco, cuyas células son de naturaleza distinta según la actividad de la vegetación. Contando el número de capas concéntricas se puede determinar exactamente la edad de un árbol. En la madera se puede distinguir la albura, duramen y la médula.

- **Albura o madera joven:** Es la parte exterior del xilema y rodea la masa de la madera perfecta. Estando en periodo de elaboración es menos dura y de color más claro que el duramen.
- **Duramen:** Es la madera propiamente dicha, esta envuelto por la albura y esta constituido por tejidos que han llegado a su máximo desarrollo y resistencia.
- **Meollo o medula:** Es la capa esponjosa que rodea y constituye el corazón del árbol conformado por tejido xilemático vivo, sirve para conducir la savia bruta en forma ascendente.



Apilado y Secado



Madera aserrada sin tratar



Tratamiento de la madera



Madera aserrada tratada

1.3 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA (Ver cuadro 1)

El uso de la madera en forma natural o en productos acabados depende en gran parte de las propiedades físicas que presenta, sin embargo es notoria su **alta resistencia en relación a su bajo peso**, característica que lo hace un material ideal para la construcción. Las más importantes propiedades son:

Higroscopicidad: Es una propiedad importante, ya que de esta, depende el proceso de fabricación y las consideraciones estructurales que se deben analizar para su uso en la construcción. La madera absorbe o desprende humedad, según el medio ambiente en que está situada, el control de esta variación de agua regula la variación de peso y volumen de la madera. Por ello es importante, considerar el lugar de construcción y el clima de la zona, para evitar los problemas de variación en las longitudes. La madera contiene agua bajo tres formas: Agua libre, agua higroscópica o de saturación y de constitución.

Contracción: El comportamiento de la contracción depende principalmente de la higroscopicidad. La madera comercial conserva de un 15 a 20% de agua.

La madera se contrae en tres longitudes, por lo general el largo está en la dirección de los ejes longitudinales de las células, el grosor está en el sentido de los radios medulares y el ancho en dirección de los anillos anulares. La deformación en el sentido longitudinal es prácticamente nula. En dirección de los radios medulares, la contracción es de un 5%. Pero donde la contracción adquiere más importancia es en dirección de los anillos celulares, puede alcanzar hasta un 10%. (Ver cuadro 2)

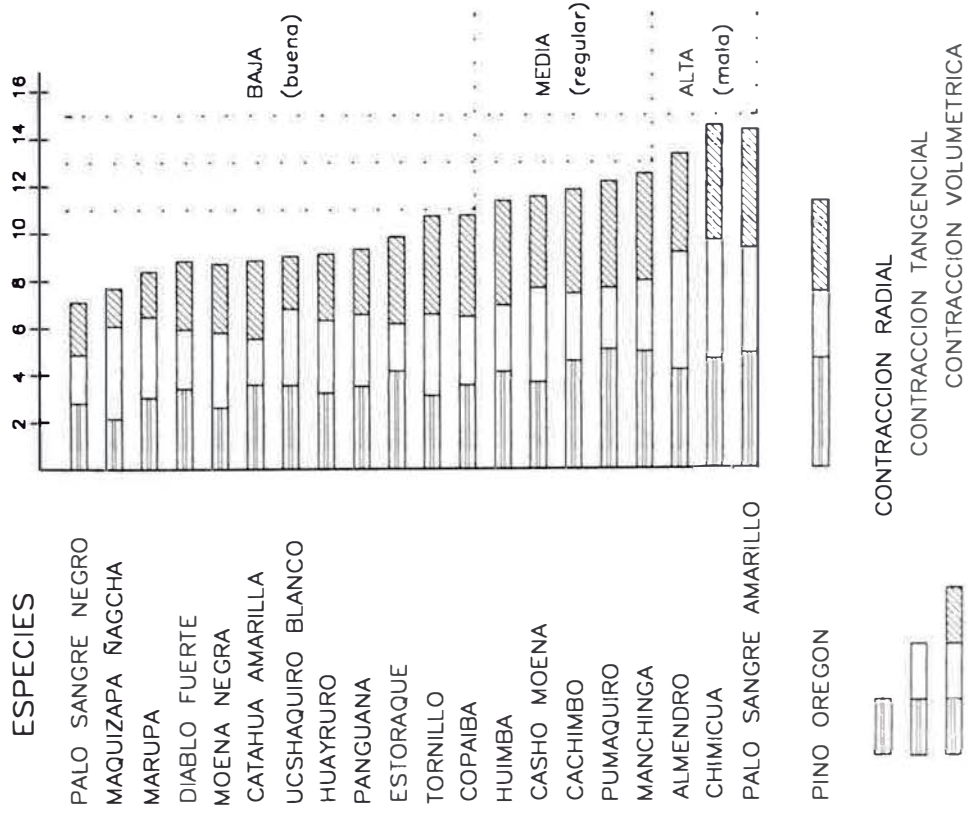
Hinchazón: Esta propiedad es contraria a la anterior, la madera absorbe a través de los vasos, la humedad atmosférica. Esta absorción origina un aumento de volumen. La madera sumergida en agua aumenta poco de volumen en dirección del eje longitudinal de las fibras pero en sentido perpendicular a ellas aumenta de un 2,5 a un 6%. En Lima se debe controlar el hinchamiento debido al alto grado de humedad relativa existente que bordea el 90% en todo el año.

Densidad: Es un elemento que se considera para la clasificación de las especies madereras y se define como la relación que existe entre su peso y su volumen. La

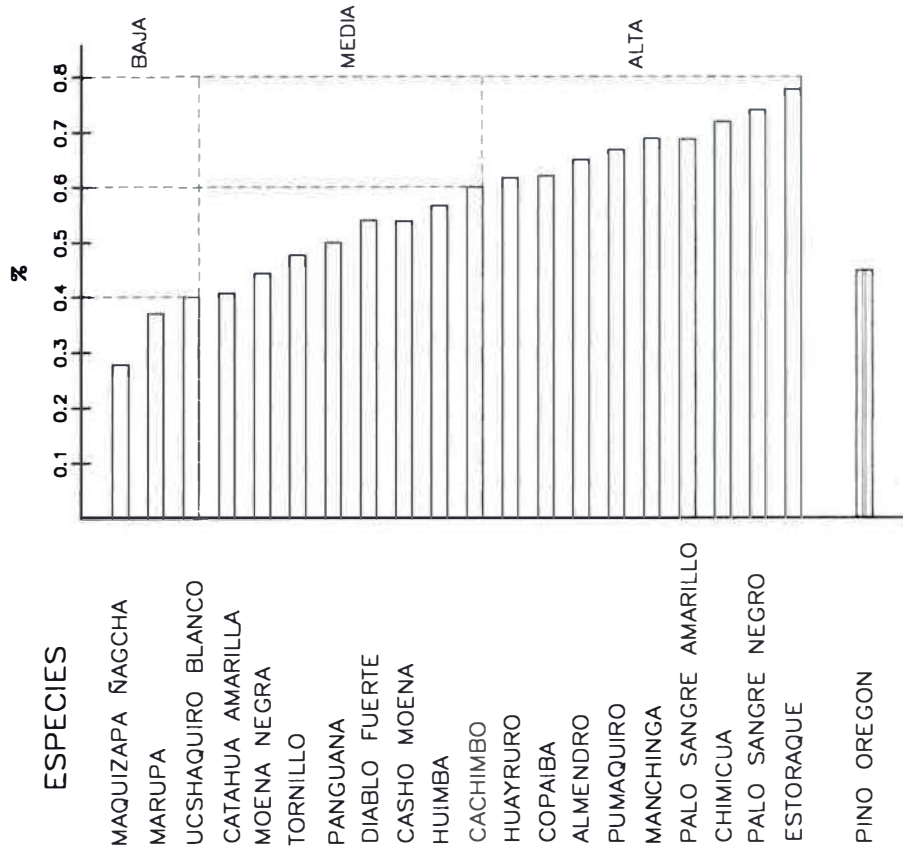
**Cuadro 1: VALORES DE LAS PROPIEDADES FISICAS
DE 20 ESPECIES PERUANAS**

| ESPECIES PERUANAS | CONTENIDO DE HUMEDAD | CONTRACCION NORMAL (%) | | | CONTRACCION TOTAL (%) | | | DENSIDAD (g/cm ³) | | | |
|-------------------------|----------------------|------------------------|---------|--------|-----------------------|---------|--------|-------------------------------|--------------|---------|--------|
| | | RADIAL | TGCIAL. | VOLUM. | RADIAL | TGCIAL. | VOLUM. | SATURAD. | SECO AL AIRE | ANHIDRA | BASICA |
| 1. ALMENDRO | 1) 80 | 2.54 | 6.52 | 8.27 | 4.38 | 9.61 | 13.82 | 1.17 | 0.79 | 0.76 | 0.65 |
| | 2) 2 | 0.17 | 0.30 | 0.35 | 0.17 | 0.21 | 0.32 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 2. CACHIMBO | 60 | 2.11 | 3.64 | 5.62 | 4.96 | 7.58 | 12.06 | 0.95 | 0.72 | 0.68 | 0.59 |
| | 2 | 0.15 | 0.24 | 0.31 | 0.14 | 0.27 | 0.38 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 3. CASHO MOENA | 76 | 2.60 | 6.69 | 7.57 | 3.68 | 8.68 | 11.93 | 0.93 | 0.64 | 0.60 | 0.53 |
| | 1 | 0.10 | 0.18 | 0.19 | 0.11 | 0.16 | 0.19 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.004 |
| 4. CATAHUA AMARILLA | 76 | 1.34 | 2.72 | 4.18 | 3.43 | 5.81 | 9.07 | 0.72 | 0.49 | 0.46 | 0.41 |
| | 9 | 0.08 | 0.17 | 0.20 | 0.15 | 0.25 | 0.30 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 5. COPAIBA | 54 | 1.25 | 3.21 | 4.92 | 3.43 | 7.04 | 10.74 | 0.93 | 0.73 | 0.68 | 0.61 |
| | 3 | 0.11 | 0.25 | 0.31 | 0.14 | 0.23 | 0.32 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 6. CHIMICUA | 39 | 2.09 | 5.86 | 7.37 | 4.78 | 10.33 | 14.53 | 0.99 | 0.87 | 0.83 | 0.71 |
| | 1 | 0.07 | 0.19 | 0.18 | 0.11 | 0.20 | 0.19 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 7. DIABLO FUERTE | 114 | 1.47 | 3.30 | 4.66 | 3.22 | 6.15 | 9.04 | 1.14 | 0.63 | 0.58 | 0.53 |
| | 2 | 0.06 | 0.13 | 0.14 | 0.11 | 0.21 | 0.23 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 8. ESTORAQUE | 29 | 2.05 | 3.57 | 4.80 | 4.16 | 6.52 | 9.97 | 1.02 | 0.91 | 0.87 | 0.78 |
| | 1 | 0.09 | 0.12 | 0.14 | 0.10 | 0.11 | 0.17 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 9. HUAYRURO | 73 | 1.12 | 2.39 | 3.40 | 3.19 | 6.30 | 9.40 | 1.04 | 0.71 | 0.67 | 0.61 |
| | 2 | 0.09 | 0.16 | 0.21 | 0.12 | 0.17 | 0.25 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 10 HUIMBA | 89 | 1.91 | 3.88 | 5.30 | 4.35 | 7.70 | 11.65 | 1.07 | 0.69 | 0.64 | 0.57 |
| | 2 | 0.17 | 0.23 | 0.32 | 0.24 | 0.22 | 0.30 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 11 MANCHINGA | 44 | 1.83 | 3.26 | 5.01 | 4.96 | 8.13 | 12.43 | 0.98 | 0.82 | 0.78 | 0.68 |
| | 1 | 0.09 | 0.16 | 0.21 | 0.10 | 0.16 | 0.24 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 12 MARUPA | 61 | 1.33 | 3.96 | 4.61 | 2.91 | 6.95 | 8.60 | 0.58 | 0.44 | 0.40 | 0.36 |
| | 2 | 0.06 | 0.21 | 0.17 | 0.08 | 0.25 | 0.22 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.006 |
| 13 MAQUIZAPA ÑAGCHA | 81 | 0.75 | 2.55 | 3.20 | 2.20 | 6.28 | 7.96 | 0.53 | 0.35 | 0.32 | 0.29 |
| | 2 | 0.06 | 0.14 | 0.14 | 0.08 | 0.16 | 0.16 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 |
| 14 MOENA NEGRA | 61 | 0.59 | 1.70 | 2.33 | 2.71 | 5.95 | 9.06 | 0.68 | 0.51 | 0.46 | 0.42 |
| | 2 | 0.04 | 0.08 | 0.08 | 0.10 | 0.13 | 0.16 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 15 PALO SANGRE AMARILLO | 50 | 2.54 | 5.49 | 7.40 | 5.34 | 9.90 | 14.54 | 1.00 | 0.83 | 0.80 | 0.68 |
| | 3 | 0.15 | 0.21 | 0.29 | 0.23 | 0.23 | 0.40 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| 16 PALO SANGRE NEGRO | 61 | 0.75 | 1.38 | 2.12 | 2.71 | 4.90 | 7.47 | 1.17 | 0.84 | 0.79 | 0.73 |
| | 1 | 0.05 | 0.08 | 0.12 | 0.12 | 0.18 | 0.24 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 17 PANGUANA | 61 | 1.21 | 2.86 | 3.80 | 3.71 | 6.88 | 9.69 | 0.79 | 0.58 | 0.54 | 0.49 |
| | 1 | 0.07 | 0.11 | 0.17 | 0.12 | 0.18 | 0.20 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 18 PUMAQUIRO | 67 | 2.02 | 4.77 | 6.19 | 4.10 | 8.08 | 12.38 | 1.12 | 0.80 | 0.77 | 0.67 |
| | 2 | 0.09 | 0.16 | 0.21 | 0.15 | 0.18 | 0.26 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 19 TORNILLO | 82 | 0.95 | 2.99 | 3.94 | 3.17 | 6.90 | 10.65 | 0.82 | 0.55 | 0.50 | 0.45 |
| | 2 | 0.06 | 0.08 | 0.13 | 0.10 | 0.08 | 0.10 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.006 |
| 20 UCSHAQUIRO BLANCO | 64 | 1.28 | 3.01 | 3.94 | 3.40 | 6.62 | 9.25 | 0.65 | 0.47 | 0.43 | 0.39 |
| | 2 | 0.06 | 0.11 | 0.31 | 0.11 | 0.18 | 0.28 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.01 |

Cuadro 2: CONTRACCION (TOTAL)



Cuadro 3: DENSIDAD BASICA



densidad es importante para definir las propiedades mecánicas de la madera y seleccionar las maderas de uso estructural. (Ver cuadro 3)

Hendibilidad: Consiste en la facilidad de la madera para partirse en el sentido de las fibras. Las mas apropiadas al hendido son las que tienen las fibras largas y carecen de nudos. Una cuña tiende a penetrar fácilmente una pieza si va en sentido de las fibras. Estos problemas de la madera sólida, son evitados por la madera laminada, ya que el pegado garantiza mejores uniones y generalmente se realiza en el sentido de las fibras, con elementos de grosor pequeño.

Dureza: Depende casi siempre de la cohesión de las fibras y de su estructura, y consiste en la mayor o menor dificultad puesta por la madera a la penetración de otros cuerpos como clavos, tornillos; o a ser trabajada con el cepillo o la sierra.

Esta propiedad no debe confundirse con la anterior, ya que la cuña separa las fibras por presión pero no las corta, como lo haría una cuña de acero afilada. Las estructuras en madera laminada se trabajan con maderas secas, ya que al tener un trozado de secciones pequeñas, permite un secado más fácil.

Flexibilidad: Es la propiedad que tienen algunas maderas de poder doblarse o ser curvadas sin romperse en sentido de su longitud. Así podemos hacer vigas laminadas curvas, pórticos laminados, etc. Se utilizan para ello máquinas prensadoras que moldean la curvatura requerida, pudiéndose realizar formas en "S" inclusive. Es importante conocer el comportamiento estructural de las maderas que siendo elásticas vuelven a su forma primitiva cuando ha cesado la fuerza que los presionó. Por ello deben estar por encima de los valores de la elasticidad conocidos, aquellas maderas utilizadas en la fabricación de laminados. Se debe controlar con exactitud este proceso y hacerse poco a poco, de lo contrario se corre el peligro de romper las fibras. Con esta propiedad las estructuras laminadas adquieren su versatilidad, belleza y esplendor.

Si bien la madera verde húmeda o caliente es más flexible que la seca las pequeñas piezas utilizadas en las laminaciones permiten una flexibilidad favorable en la utilización de vigas con secciones curvas.

Conductividad térmica, la madera tiene poca conductividad térmica y esto le proporciona unas cualidades aislantes excepcionales, resultando un material con una estabilidad dimensional notable a los cambios de temperatura, y con una excelente resistencia al fuego. Esta propiedad depende de la especie y la técnica del secado; y el contenido de humedad en sus tejidos.

Conductividad Eléctrica: La resistencia eléctrica de la madera es muy sensible a cambios en su contenido de humedad. Bajo condiciones normales de uso, la madera al estado seco al aire tiene alta resistencia a la conductividad y se comporta como un material aislante. Esta propiedad depende de la especie y el contenido de humedad en el proceso de secado.

Transmisión y Absorción del Sonido: La madera tiene la capacidad para absorber vibraciones producidas por ondas sonoras y está muy relacionada a su estructura, naturaleza y densidad. Su comportamiento celular convierte la energía de sonido en calor. La madera es menos efectiva en bloquear la transmisión del sonido ya que esta propiedad depende del peso del material y la madera es más liviana que otros materiales estructurales. En las construcciones con madera el sonido es reflejado o absorbido, el absorbido es convertido en otro tipo de energía, calor o vibración, y parcialmente transmitido al otro lado de la pared o barrera. Esta propiedad depende de la especie y la densidad.

1.4 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA (Ver cuadro 4)

En la madera se pueden reconocer tres direcciones principales que pueden considerarse ortogonales entre sí, estas direcciones son: la longitudinal, la tangencial y la radial. La dirección radial y la tangencial son perpendiculares al grano. En la práctica se consideran dos direcciones: La dirección longitudinal o paralela a la fibra y la dirección transversal o perpendicular al grano.

Compresión paralela al grano: La madera presenta gran resistencia a esta fuerza. La fuerza es perpendicular, pero presiona paralela a las fibras y su comportamiento debe estar considerado dentro de su estado elástico, mientras tenga la capacidad de

recuperar su dimensión inicial una vez retirada la fuerza. Un ejemplo de estos es cuando la madera se utiliza como columnas. (Ver cuadro 5)

Compresión perpendicular al grano: Bajo esta carga las fibras están sometidas a un esfuerzo perpendicular a su eje y que tienden a comprimir las pequeñas cavidades contenidas en ellas. La compresión es una fuerza que presiona perpendicularmente a las secciones transversales, que sufrirán una disminución en sus dimensiones bajo esfuerzos bastante altos. (Ver cuadro 6)

Tracción perpendicular al grano: Es una fuerza que trata de separar las fibras de la madera, produciéndose interiormente una fuerza contraria que la resiste, esta resistencia es asumida básicamente por la lignina, que cumple una función cementante en las fibras. La madera tiene menor resistencia a este tipo de esfuerzos. En las estructuras laminadas la cola es la que asume la función resistente, porque posee una estructura más homogénea que la madera sólida.

Tracción paralela al grano: Igual que la anterior esta fuerza busca separar las fibras longitudinales, pero la madera tiene gran resistencia a la tracción paralela. Esta cualidad se ve afectada por los defectos que suele tener la madera, los trozos de madera que se usan en las laminaciones encoladas evitan estos defectos, produciéndose una madera resistente. Sin embargo, hay que seleccionar cuidadosamente las piezas considerando su resistencia en el diseño de las estructuras, para no tener puntos débiles en la sección fabricada.

Corte o cizallamiento del grano: Existen dos formas de corte: uno paralelo y otro perpendicular al grano. La primera tiene la resistencia pequeña ya que el esfuerzo de corte es resistido básicamente por la sustancia cementante, es decir, la lignina, pero la resistencia al corte perpendicular es recibida por las fibras longitudinales que son resistentes.

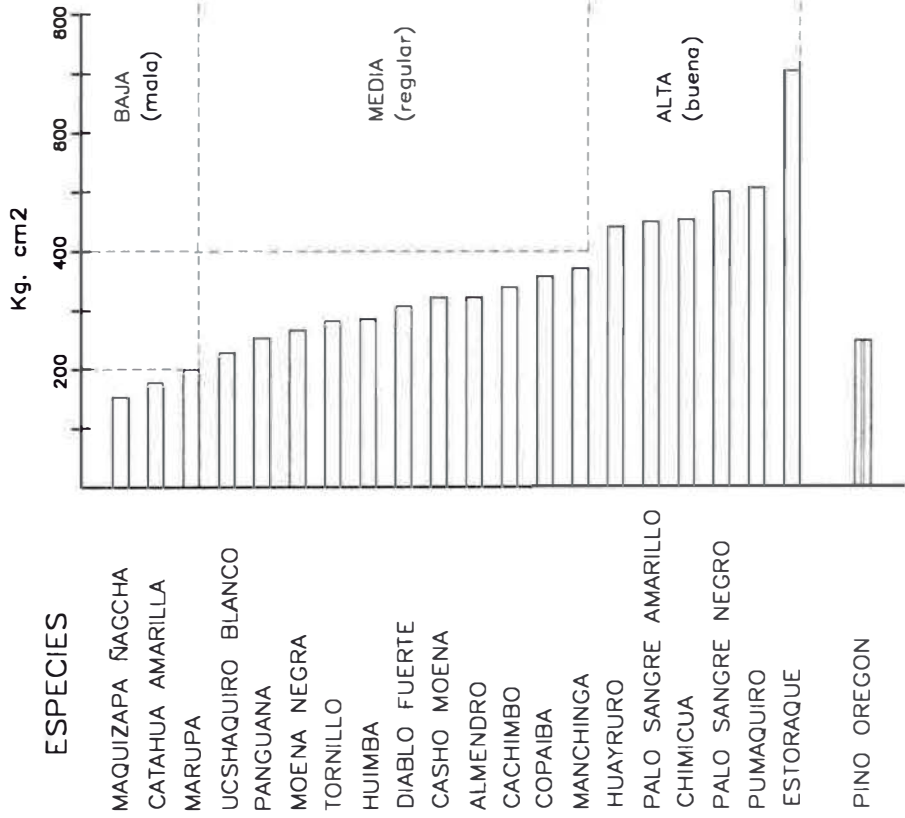
Flexión del grano: Se produce cuando actúan simultáneamente los esfuerzos de tracción, compresión y corte, algunas fibras están a tracción, otras a compresión y otras resisten la fuerza de corte. La madera esta trabajando así cuando se la utiliza

**Cuadro 4: VALORES DE LAS PROPIEDADES MECANICAS
DE 20 ESPECIES PERUANAS**

| ESPECIES PERUANAS | DENSIDAD BASICA g/cm ³ | FLEXION ESTATICA | | | COMPRESION PARALELA | | | COMPRESION PERPENDICULAR AL GRANO (Kg/cm ²) | CIZALLAMIENTO (Kg/cm ²) | DUREZA | | TENACIDAD (m-Kg.) | EXTRACCION DE CLAVOS | |
|--------------------------|-----------------------------------|---|---|---|--|--|---|---|-------------------------------------|-------------|----------------|-------------------|----------------------|------------------|
| | | ESFUERZO AL LIMITE (g/cm ³) | MODULO DE RUPTURA (kg/cm ²) | MODULO DE ELASTICIDAD(1000xkg/cm ²) | ESFUERZO AL LIMITE PROPORCION(Kg/cm ²) | RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²) | MODULO DE ELASTICIDAD(1000xkg/cm ²) | | | LADOS (Kg.) | EXTREMOS (Kg.) | | EXTREMOS (KgxClavo) | LADOS (KgxClavo) |
| 1. ALMENDRO | 0.65 0.01 | 409 56 | 665 66 | 133 15 | 248 35 | 331 33 | 143 18 | 67 6 | 94 4 | 606 44 | 504 30 | 3.6 0.3 | 102 10.9 | 133 18.9 |
| 2. CACHIMBO | 0.59 0.01 | 429 38 | 735 54 | 131 9 | 260 25 | 342 16 | 151 10 | 66 5 | 84 4 | 468 40 | 448 32 | 3.9 0.3 | 111 14.1 | 149 10.1 |
| 3. CASHO MOENA | 0.53 .004 | 378 23 | 581 25 | 118 5 | 278 15 | 330 14 | 136 6 | 47 3 | 76 2 | 363 15 | 333 10 | 3.0 0.1 | 38 6.3 | 91 5.3 |
| 4. CATAHUA AMARILLA | 0.41 0.01 | 230 30 | 401 32 | 68 8 | 126 19 | 184 21 | 80 12 | 28 4 | 51 4 | 236 19 | 227 19 | 2.0 0.2 | 47 10.5 | 82 20.1 |
| 5. COPAIBA | 0.61 0.01 | 422 24 | 736 45 | 112 13 | 268 26 | 359 18 | 136 17 | 74 7 | 99 4 | 587 32 | 528 26 | 3.4 0.3 | 85 16.3 | 155 19.2 |
| 6. CHIMICUA | 0.71 0.01 | 542 30 | 898 31 | 160 6 | 373 24 | 452 18 | 174 7 | 77 5 | 111 4 | 761 35 | 736 36 | 3.8 0.3 | 177 17 | 205 16.4 |
| 7. DIABLO FUERTE | 0.53 0.01 | 366 24 | 580 57 | 99 6 | 251 12 | 302 8 | 113 5 | 57 3 | 86 3 | 425 19 | 365 20 | 2.8 0.2 | 93 7.4 | 235 25 |
| 8. ESTORAQUE | 0.78 0.01 | 889 56 | 1340 38 | 175 7 | 622 40 | 714 28 | 206 8 | 130 9 | 163 5 | 1143 59 | 1112 48 | 6.6 0.2 | 253 26.3 | 288 17.2 |
| 9. HUAYRURO | 0.61 0.01 | 543 38 | 838 90 | 136 8 | 361 31 | 443 28 | 147 11 | 71 5 | 105 4 | 650 50 | 600 43 | 3.7 0.4 | 123 21.5 | 173 18.9 |
| 10. HUIMBA | 0.57 0.01 | 383 32 | 582 40 | 105 4 | 232 15 | 287 22 | 119 8 | 42 5 | 71 6 | 374 47 | 377 34 | 2.2 0.2 | 86 16.2 | 114 15.1 |
| 11. MANCHINGA | 0.68 0.01 | 460 39 | 785 46 | 117 6 | 283 23 | 365 18 | 131 10 | 75 6 | 109 3 | 720 56 | 695 31 | 3.6 0.5 | 167 30.3 | 223 29.3 |
| 12. MARUPA | 0.36 .006 | 258 15 | 427 23 | 76 5 | 159 11 | 201 12 | 84 7 | 33 2 | 57 3 | 204 19 | 227 14 | 1.6 0.1 | 52 6.7 | 79 9.9 |
| 13. MAQUIZAPA ÑAGCHA | 0.29 0.01 | 163 32 | 278 53 | 52 8 | 135 25 | 159 27 | 61 11 | 12 4 | 35 5 | 156 26 | 173 33 | 1.4 0.1 | 36 17.8 | 51 28.5 |
| 14. MOENA NEGRA | 0.42 0.01 | 299 24 | 500 52 | 89 5 | 242 22 | 269 16 | 105 8 | 48 4 | 73 3 | 291 27 | 281 18 | 2.3 0.2 | 65 18.8 | 88 10.3 |
| 15. PALO SANGRE AMARILLO | 0.68 0.03 | 538 57 | 868 95 | 152 12 | 348 44 | 444 49 | 181 15 | 78 10 | 107 9 | 810 111 | 718 95 | 5.0 0.7 | 163 42.7 | 207 46 |
| 16. PALO SANGRE NEGRO | 0.73 0.01 | 639 37 | 1051 37 | 141 9 | 407 28 | 515 25 | 155 13 | 95 6 | 124 3 | 1025 57 | 910 46 | 5.6 0.6 | 182 15.7 | 216 17 |
| 17. PANGUANA | 0.49 0.01 | 289 34 | 511 32 | 100 7 | 206 25 | 264 22 | 124 15 | 41 4 | 74 4 | 380 33 | 361 32 | 2.7 0.3 | 87 17.8 | 125 23.6 |
| 18. PUMAQUIRO | 0.67 0.01 | 626 30 | 950 35 | 146 5 | 434 25 | 522 20 | 165 9 | 95 5 | 117 5 | 738 46 | 736 47 | 4.0 0.2 | 164 17.9 | 214 18.9 |
| 19. TORNILLO | 0.45 0.00 | 349 23 | 576 25 | 108 5 | 222 24 | 283 18 | 122 9 | 57 4 | 81 3 | 388 22 | 351 14 | 3.0 0.2 | 67 10.1 | 120 19.4 |
| 20. UCSHAQUIRO BLANCO | 0.39 0.01 | 292 25 | 488 33 | 91 8 | 187 20 | 237 19 | 112 9 | 38 4 | 65 7 | 286 45 | 282 41 | 3.5 0.4 | 59 36.6 | 105 48.8 |

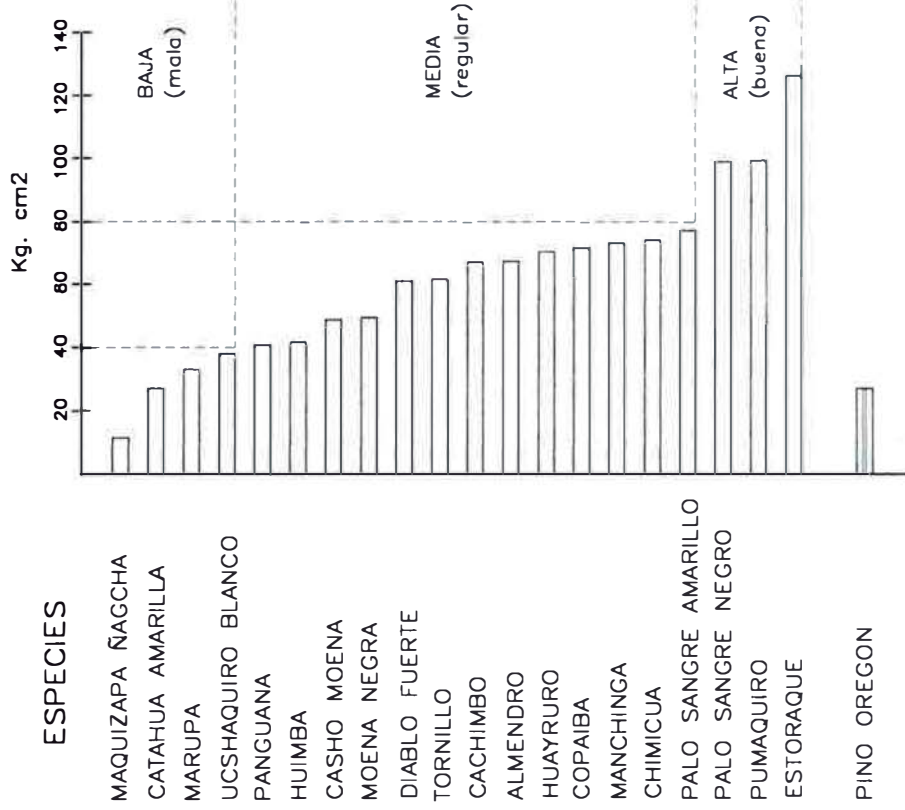
Cuadro 5: MAXIMA RESISTENCIA A LA

COMPRESION PARALELA

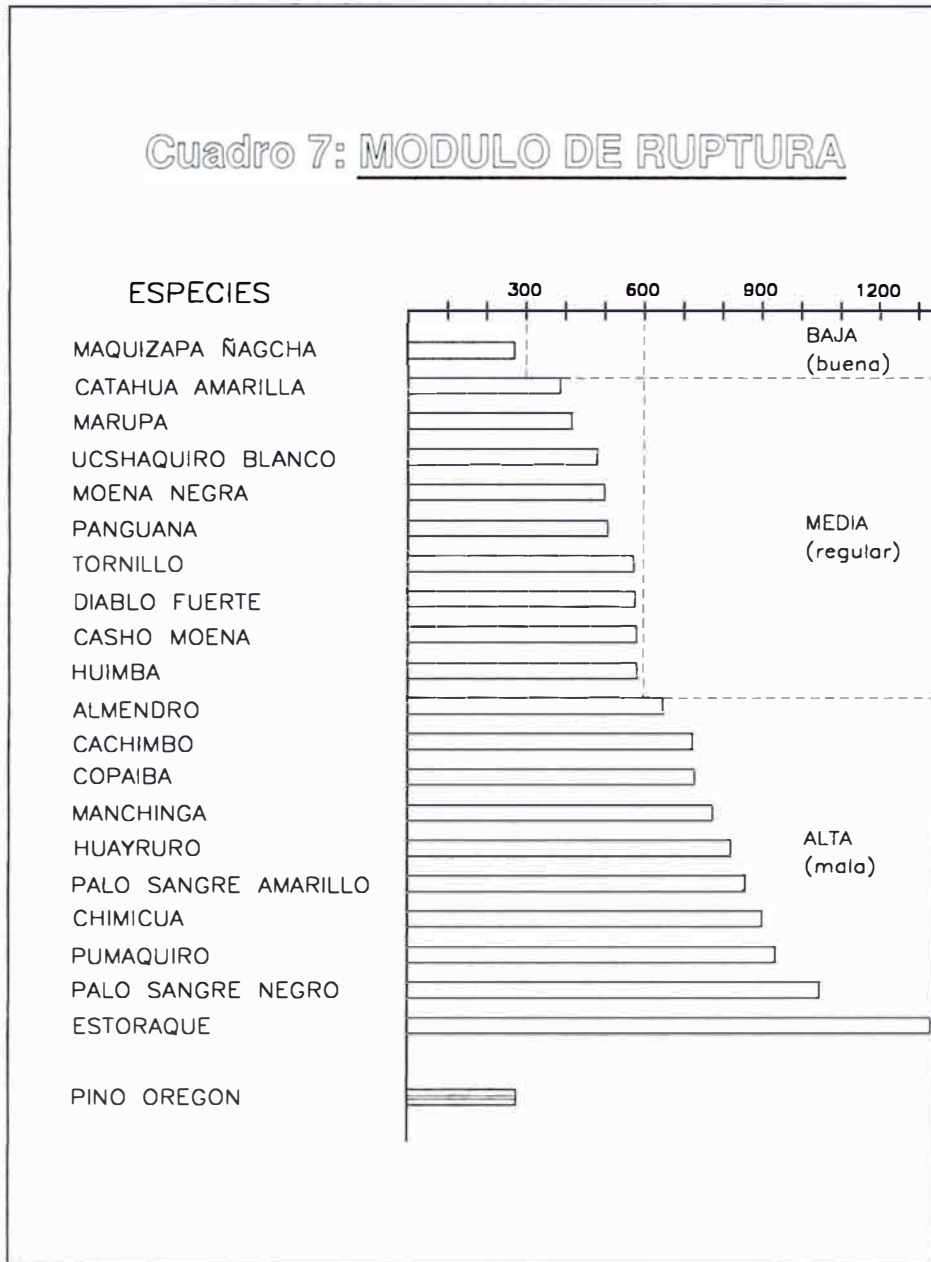


Cuadro 6: COMPRESION PERPENDICULAR

A LAS FIBRAS (E.F.L.P.)



Cuadro 7: MODULO DE RUPTURA



en vigas y por lo general, trabaja muy bien a compresión, tracción paralela a las fibras, y a la fuerza de corte perpendicular a estas. (Ver cuadro 7)

1.5 PROPIEDADES ELÁSTICAS DE LA MADERA

Módulo de Elasticidad (MOE): Los resultados obtenidos en maderas tropicales indican que el MOE en compresión paralela es mayor que el MOE en flexión estática, no obstante, usualmente se toma el segundo como genérico de la especie, por ser las deflexiones en elementos a flexión un criterio básico en su dimensionamiento.

Módulo de Corte o Rigidez (G): Relaciona las deformaciones con los esfuerzos de corte que les da origen. Existen diferentes valores para este módulo en cada una de las direcciones de la madera. Sin embargo el más usual es el que sigue la dirección de las fibras. Los valores reportados para esta propiedad varían entre 1/16 y 1/25 del módulo de elasticidad inicial.

Módulo de Poissón: Es la relación que existe entre la deformación lateral y la deformación longitudinal. En la madera existe en general seis módulos de Poissón ya que se relacionan las deformaciones en las direcciones longitudinal, radial y tangencial. La madera presenta diferentes valores según las direcciones que se consideren.

1.6 FACTORES EXTERNOS QUE AFECTAN SU COMPORTAMIENTO

INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD: La madera pierde resistencia cuando aumenta el contenido de humedad. Se ha comprobado que las vigas secas son más resistentes que las húmedas.

INFLUENCIA DE LA DENSIDAD: la densidad tiene una marcada influencia en la resistencia mecánica de esta. Existe un buen nivel de correlación entre todas y cada una de las propiedades mecánicas y la densidad del material.

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA: Las propiedades mecánicas de la madera disminuyen con el aumento de temperatura y aumentan con la disminución de esta,

estos efectos son inmediatos. Cuando la madera es expuesta un tiempo prolongado a altas temperaturas se producen cambios irreversibles en sus propiedades.

DURACIÓN DE LA CARGA: Cuando un elemento de madera se carga por primera vez se deforma elásticamente. Si la carga se mantiene, se presenta una deformación adicional dependiente del tiempo.

DEGRADACIÓN: Es el proceso de descomposición física de la madera. La degradación se debe al ataque de organismos biológicos destructores (hongos e insectos xilófagos) que a ciertas condiciones de humedad, temperatura y oxígeno invaden ciertos sectores de la madera, afectando sus propiedades físicas y químicas, reduciendo así su resistencia estructural. El ataque de hongos xilófagos descompone la madera, provocando la **putrefacción** de la misma, estos hongos la atacan después de su puesta en servicio y presentan cambios en apariencia, color y pérdida de sus propiedades físicas y mecánicas.

ATAQUE DE INSECTOS: La madera atacada por insectos es fácilmente destruida por lo que es necesario protegerla adecuadamente. Por lo general se consideran dos tipos de insectos que atacan la madera: los que atacan antes de su puesta en servicio, y los que atacan después de su puesta en servicio que son los más importantes desde el punto de vista del usuario. Dentro de estas figuran: Las termitas subterráneas y los de madera seca (que son los más dañinos) y los de nido aéreo; los escarabajos tipo *lyctus* y las hormigas carpinteras.

ATAQUES QUÍMICOS: Las sustancias químicas que no producen hinchamiento de la madera como aceites de petróleo o creosota, no tienen efectos apreciables, mientras los líquidos que hinchan la madera tales como el agua y el alcohol pueden tener algún efecto aun cuando no produzcan degradación química. Esta pérdida en las propiedades depende del hinchamiento y este es un proceso reversible. Por otro lado, las soluciones químicas que descomponen las sustancias constitutivas de la madera tienen un efecto permanente.

1.7 DEFECTOS DE LAS PIEZAS

Los defectos son anomalías o irregularidades que afectan el comportamiento estructural y la apariencia de la madera.

ALABEO: Es la deformación que puede experimentar una pieza de madera por la curvatura de sus ejes longitudinal, transversal o de ambos. Se consideran: **abarquillado**, cuando las aristas o bordes longitudinales no se encuentran al mismo nivel que la zona central; **arqueadura**, es la curvatura a lo largo de la cara de la pieza; **encorvadura**, es la curvatura a lo largo del canto de la pieza; **torcedura**, es cuando las esquinas de una pieza de madera no se encuentran en el mismo plano.

ARISTA FALTANTE: Se reconoce cuando falta madera en una o más aristas de la pieza. Se permite el uso de la madera cuando falte una sola arista.

DURAMEN QUEBRADIZO: Es la parte más interior del leño, generalmente de color más oscuro y de mayor durabilidad que la albura. Se presenta en forma de grietas de media luna. Esta madera no se permite utilizarlo.



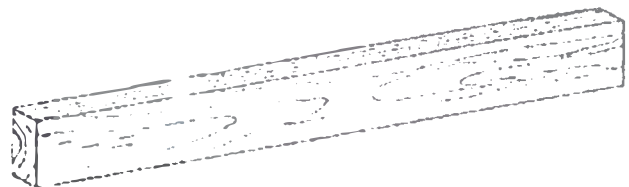
ESCAMADURA O ACEBOLLADURA:

Es la separación del leño entre dos anillos de crecimiento consecutivos. Se reconoce cuando se observan como escamas superficiales en las caras tangenciales de una pieza.



RAJADURAS: Son separaciones naturales entre los elementos de la madera que se extienden en la dirección del eje de la pieza y afectan totalmente su espesor, o dos puntos opuestos de una madera rolliza.

GRIETA: Es la separación de los elementos de la madera en dirección radial y longitudinal que no alcanza a afectar dos caras de una pieza, o dos puntos opuestos de la superficie de una madera rolliza.

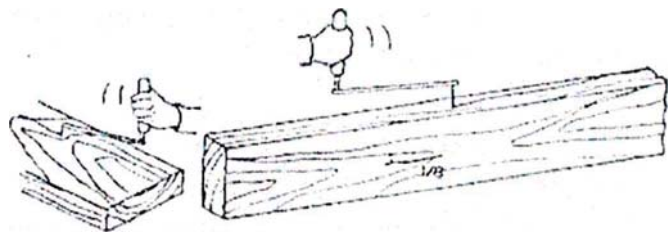


DEFECTOS DE CRECIMIENTO: Son los defectos que han sido adquiridos o desarrollados por el árbol durante su crecimiento y afectan el comportamiento o aspectos de la madera. Los principales son:

Nudos: Son discontinuidades en la parte leñosa del tronco producidas por el nacimiento y posterior desarrollo de las ramas. En zonas en tracción su influencia es importante, no así en zonas en compresión. Los nudos producen inclinaciones en la dirección del grano, que son zonas débiles de la madera. Se consideran:

- **nudo sano:** es la porción de rama entrecruzada con el resto de la madera y que no se soltará durante el proceso de secado y uso;
- **nudo hueco:** son los espacios dejados por los nudos al desprenderse de la madera. Los nudos sueltos o con deterioro se les considera como nudos huecos; y
- **nudo arracimado:** es el agrupamiento de dos o más nudos desviando notoriamente la dirección de las fibras que lo rodean.

Grano inclinado: Es la desviación angular de las fibras de la madera en relación al eje longitudinal de la pieza y tiene marcada influencia en el comportamiento de los elementos



estructurales. Este defecto tiene dos causas principales: una inclinación constante y que sigue la forma de espiral, según la dirección longitudinal del tronco, o trozas que por su mal aserrado presentan grano inclinado. Se permite en caras o canto hasta un máximo de $1/8$ de inclinación.

Fallas de compresión: Es la deformación y rotura de las fibras de la madera como resultado de compresión o flexión excesiva en

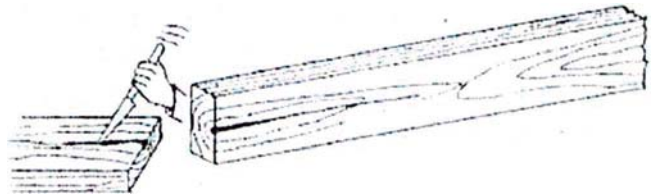


árboles en pie causados por su propio peso, o por acción del viento. Esto significa que al momento de cargar las piezas no será posible transmitir esfuerzos a través de dichas secciones. No se deben usar piezas que incluyan este defecto, ya que la resistencia en esas zonas es nula.

Perforaciones: Son discontinuidades (agujeros o galerías) que aparecen en las piezas de madera, causadas por el ataque de insectos o larvas, antes de su aserrado por lo general. La magnitud y número de las mismas determinan si se pueden utilizar o no. Se consideran:

- **Perforaciones pequeñas**, a agujeros con diámetros iguales o menores a 3 mm;
- **Perforaciones grandes**, a agujeros con diámetros mayores a 3 mm.

Médula excéntrica: Se debe al crecimiento de árboles en condiciones adversas, tales como, la excesiva pendiente del terreno, la



presencia de vientos dominantes en un sentido, luz intensa en un solo lado, etc. La médula excéntrica permite que se formen anillos angostos en un lado y anillos anchos en el lado opuesto del tronco, esto produce tensiones internas y una configuración oval de la sección transversal. Las tensiones así "almacenadas" se hacen presentes durante el secado, agrietando y deformando las trozas.



Cobertura convencional en madera y Detalle, en Asturias, España. Porche de 12 m.



Rehabilitación General en madera Asturias, España.



Detalle de Marquesina en madera de 12x12m. En Lugo, España

CAPITULO II:

LA MADERA LAMINADA ENCOLADA

2.1 DEFINICIÓN

La madera laminada encolada, es la unión de laminas o tablas de madera superpuesta que están unidas por adhesivos, en la que la veta de las laminaciones es aproximadamente paralela longitudinalmente, con un proceso de producción en ambientes con temperaturas y contenidos de humedad controlados. Además, en la mayoría de los casos dichos extremos se unen previamente por medio de juntas encoladas en recortes dentados o cortados en forma de cuña, de manera que las fibras puedan unirse también por sus lados. Este procedimiento asegura un conjunto más resistente y, al permitir uniones estructurales en todas las piezas, pueden conformarse elementos de dimensiones y formas variadas, las que solo están limitadas por las posibilidades de transporte.



Las especies de maderas peruanas son especialmente dúctiles a esta transformación. En el Reglamento Nacional de Construcciones la Madera Laminada Encolada se define como: el material estructural obtenida de la unión de tablas entre sí mediante el uso de adhesivos, con el grano esencialmente paralelo al eje del elemento y que funciona como una sola unidad. La madera laminada encolada prefabricada industrialmente, posee características técnicas superiores al hormigón y al acero y es utilizada en estructuras, revestimientos y elementos decorativos.

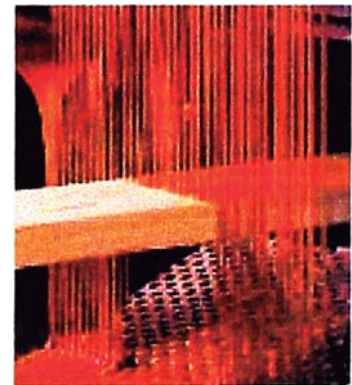
Este producto de la madera se impone cada vez mas a los otros materiales debido a sus ventajas comparativas, como: ser menos pesado, su costo de transporte es inferior y su puesta en pie de obra es rápida, se acomoda a cimentaciones ligeras. Su producción en serie, en la mayoría de los casos, es enteramente automatizada, con poco gasto de energía (16 veces menos que el hormigón y 6 veces menos que el hierro).



La versatilidad, esbeltez y belleza son características de la madera laminada encolada.

2.2 PROCESO DE LAMINACIÓN

MATERIA PRIMA: LA COLA.- Es el adhesivo que se emplea en la confección de las piezas laminadas. La cola es un elemento importante, porque absorbe los esfuerzos internos del elemento estructural prefabricado, tiene en la actualidad probada efectividad. Considerando la forma de obtención de sus componentes, las colas pueden dividirse en:



- **colas naturales:** Caseína (leche), almidón (cassava, yuca, soya, papaya que no resiste al agua), silicato de sodio (inorgánica). Y
- **colas sintéticas:**
 - Termoestables: Urea formaldehído, melanina formaldehído, fenol formaldehído. Y
 - Termoplásticos: PV acético (polivinilo), PV clórico, PV b

Se considera los siguientes tipos de cola:

Caseína.- Es apta para estructuras en interiores en las que el contenido de humedad de la madera no suele exceder el 18%. La caseína se empleaba desde los tiempos faraónicos. Existen colas de caseína resistentes a la humedad, desde el siglo XI y XII. Para su utilización debe considerarse que: deben utilizarse mezcladoras de 50-75 rpm; pueden extenderse con brochas o rodillos metálicos; la temperatura de fraguado varía de 20°C hasta 100°C en las de prensado en caliente; el tiempo de prensado mínimo es de 6 horas, lo normal es de 24 a 48 horas para las frías y de 15 a 20 horas para las calientes; y el tiempo de acondicionamiento suele ser de 10 horas como mínimo para el fraguado en frío, no obstante la resistencia máxima se produce a los 10 días.

Las **ventajas** de su uso son: Algunas fórmulas son resistentes al agua. Una gran variedad de formulación permite adaptarla a diferentes fines. Se emplea en frío o caliente. Da uniones resistentes aunque las superficies no estén bien preparadas; y su alcalinidad permite el encolado de maderas resinosas o con aceites y grasas.

Las **desventajas** de su uso son: Puede ser cara, según el precio de la leche. Puede manchar maderas ricas en taninos. Mucho aumento de humedad de la madera colada. Siendo un producto natural, es muy difícil el control de sus propiedades, es de gran viscosidad; y corroe las herramientas.

Urea - formaldehído.- Es apta para estructuras en interiores en los que, aunque el contenido de humedad de la madera supere el 18%, la temperatura en la junta de encolado se mantenga inferior a 50°C. Estas colas se presentan en forma líquida o como polvos que se disuelven en agua u otros disolventes. Son productos de condensación de la urea y el formol que luego se polimerizan por la acción de catalizadores (fraguado). Los fraguados en frío son los que se utilizan en las construcciones.

Las condiciones para su utilización son: Las superficies deben estar bien preparadas, para lograr uniones planas y completas de las caras a pegar (la cola se hace frágil en espesores grandes). Los mejores resultados se obtienen con humedades de la madera de 6 a 8% pero toleran variaciones entre 1 y 15%. El periodo de unión es de 20 min. para el cerrado y 10 min. para el abierto (las colas no

deben de unirse cuando la cola está aun pegajosa.) Y la presión puede ser la máxima que resista la madera, normalmente varía entre 5-15 Kg/cm.

Las **ventajas** para su uso son: Convenientemente dosificadas admiten una variación de humedad de 0-25%. Admiten menor proporción de agua que las colas animales evitando por consiguiente, alabeos y torceduras en las estructuras.

Entre las **desventajas** tenemos: Son algo caras. No resisten muy bien las temperaturas elevadas, ni las variaciones rápidas sucesivas de este. La vida de almacenamiento es relativamente corta, 2 a 3 meses para las líquidas y de 1 año para las sólidas. La preparación de la cola debe hacerse unas pocas horas antes de su empleo. El material debe estar muy limpio, y Las temperaturas próximas a la carbonización de la madera producen la descomposición de la cola.

Fenol y Resolcinol.- Es apta para estructuras interiores y exteriores, sin restricciones respecto a la temperatura ni la humedad. Se divide en dos grandes grupos: **colas de fraguado a elevadas temperaturas:** no son prácticas para su uso en obras, pues requieren temperaturas superiores a los 100°C para el fraguado; y **colas de fraguado a temperaturas intermedias:** son generalmente mezclas de colas fenólicas y de resolcinol, fraguan entre 60 y 90°C.

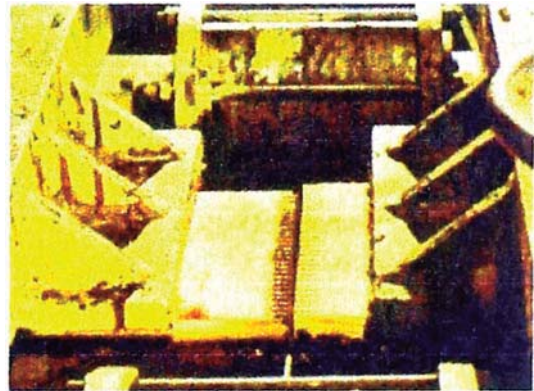
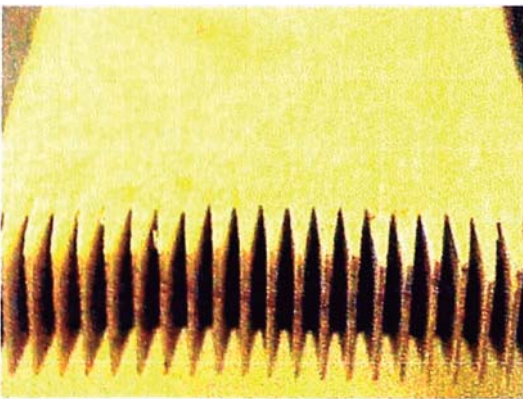
Las principales **ventajas** son: Resistente sin deslaminarse al agua fría y/o caliente, a altas temperaturas y bajas alternadas en ciclos. Resisten fuertemente el calor seco, rompiéndose solamente a temperaturas más elevadas que el punto de ignición de la madera. Y para destruir una unión bien hecha con resina fenólica, es necesario destruir la madera.

Si bien los adhesivos pueden ser de distintos tipos, el recurso mas generalizado es emplear **los polímeros policondensados de resorcina con formaldehído**, que se comporta bien en diversos ambientes. La unión laminada de madera - cola se efectúa a escala molecular entre la "tracheide" de la madera y la mezcla resina - endurecedor de la cola.

SECCIONES Y ESPESORES PARA EL LAMINADO.- En la fabricación de miembros laminados se unen con pegamento laminaciones de 2" o menos, de

espesor secadas en horno. Las vigas rectas generalmente se construyen con laminaciones de 1 5/8" (2" nominales) y las vigas curvas con espesores nominales de 1" o 2". Las medidas estándar que se utilizan, son: Para el ancho: 100, 125, 150, 175, 200 y 225 mm. (4", 5", 6", 7", 8" y 9" respectivamente.) Para el espesor: 33, 44, 50 y 63 mm. aunque esto se reduce 4-5 mm. por del cepillado.

PROCEDIMIENTO DE EMPALME.- Ya que la longitud de los elementos laminados encolados, es casi característico, estos no se podrían realizar si los empalmes entre secciones no se realizaran adecuadamente. Las juntas más eficientes son los empalmes dentados. Las juntas a tope no resisten tensión, no deben de usarse en miembros que trabajen a tensión. El criterio más importante en este proceso será tener una superficie, lo mayor posible, de encolado para un buen trabajo estructural. Antes de laminar horizontalmente, deben colocarse en los extremos las tablas separadas en las juntas biseladas y rectificarse para asegurarse de la uniformidad del espesor de la laminación. Este encolado previo y rectificación es esencial para obtener un trabajo de alta calidad.



El dentado es para tener la mayor superficie de contacto posible, para luego prensarlo.

RADIO DE CURVATURA.- El radio de curvatura que puede obtenerse en un arco depende del espesor de la lámina encolada. Para una madera resinosa corriente, con tablas de 1" de grueso, el radio de curvatura mínimo viene a ser 250 veces el espesor de cada lámina y el mínimo de láminas para la formación del perfil es de 4. En maderas blandas el radio mínimo de curvatura recomendado para laminaciones de 25/32" (1" nominal) y 15/8" (2" nominales) son 7 pies y 15 pies respectivamente.



El radio de curvatura depende del espesor de las tablas de la madera laminada encolada.

CONDICIONES DE HUMEDAD.- Dentro del proceso de fabricación del elemento laminado este control es un factor básico para la óptima calidad del mismo. El grado de humedad de la madera influye significativamente en las propiedades mecánicas y debe tenerse en cuenta en el cálculo. Todas las tensiones básicas están referidas al 12% de humedad, cuando la humedad de la madera es distinta al 12% se debe corregir y esta no debe exceder de 15% durante el periodo de fabricación.

Se debe procurar que los grados de humedad del miembro estructural laminado y el lugar donde se realice la construcción sean parecidos si la fabricación lo permite, para evitar la contracción o expansión de los elementos laminados.

PROCEDIMIENTO DE PEGADO CON

COLA.- El procedimiento de pegado debe hacerse en forma gradual y con máquinas prensadoras. Las piezas se deben unir con las fibras paralelas, con una presión de 30 Kg/cm², para que la cola penetre algo en las láminas y se combine uniformemente. Los pegamentos de tipo estructural que se usan en miembros interiores son resistentes a la humedad e

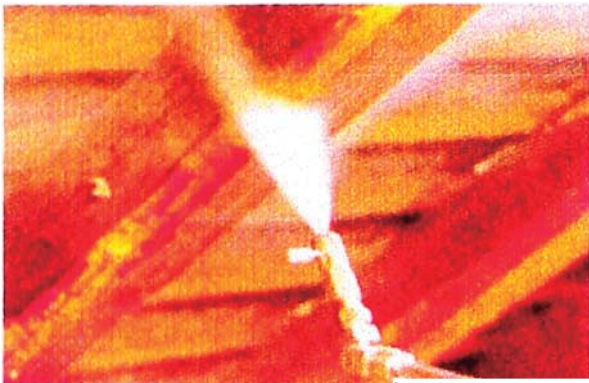


Prensado curvo tras el encolado

impermeables, los que se usan en el exterior son a prueba de agua. Antes de encolar, las laminaciones se labran a espesor uniforme y es importante que la

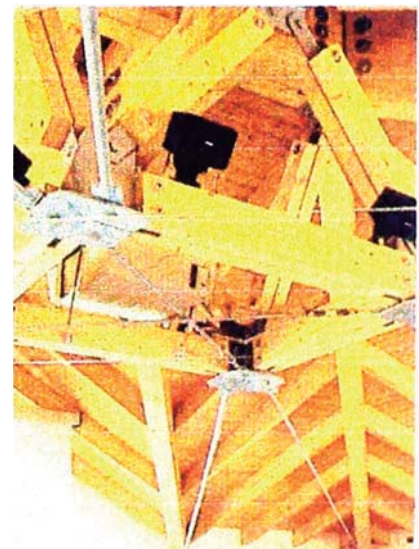
superficie encolada sea una superficie lisa, plana y que la presión se distribuya uniformemente durante el periodo de secado.

REFERENTE A LA PROTECCIÓN.- La protección de la madera contra hongos, bacterias, insectos xilófagos y larvas o gusanos se realiza antes del encolado para que al pegar las laminaciones se tenga un producto más resistente en todas sus fibras. Se recomienda proteger las uniones y apoyos contra el fuego, igual que el resto de las piezas con pintura ignífuga. Los elementos metálicos se recubrirán con pinturas anticorrosivas. La humedad se evitará tanto en apoyos como en anclajes, mediante una separación mínima de 25 mm. de los muros y en los apoyos.



Aplicación de productos protectores contra hongos e insectos xilófagos

UNIONES Y ANCLAJES.- Es importante el sistema de uniones y anclajes en las estructuras de madera laminada, porque estos constituyen posibles puntos débiles, dado que el agotamiento de una estructura puede presentarse en la falta de resistencia de cualquiera de sus ensambladuras. Otro punto importante en estos elementos de dimensiones considerables es el anclaje, sobre todo en el ámbito de arriostramiento lo cual condiciona la estabilidad general del conjunto.



El arriostramiento se debe realizar a través de cables, tensores al exterior y de cimentaciones corridas relacionadas entre sí. Las uniones también se pueden calcular en proporción del tamaño del elemento estructural.



Las juntas, los anclajes metálicos, los pernos y los herrajes simplifican el montaje

2.3 TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES

Bóvedas Transversales.- Es ideal para construcciones tipo arena o auditorios, estas bóvedas de madera son de una disposición estructural única debido a que el peso completo del recinto aéreo es portado solo por cuatro segmentos de arco diagonal laminado reposando sobre contrafuertes.

Está comúnmente diseñada como techos interceptando cilindros simétricos cubriendo espacios despejados de piso, las bóvedas transversales ofrecen una libertad arquitectónica virtualmente ilimitada para la acomodación de espacios de actividad y audiencia no obstruido. La flexibilidad del diseño es mejorada por la oportunidad para usar muros extremos, del tipo sin resistencia de soporte, alrededor de todo el perímetro. Los elementos estructurales principales incluyen cuatro segmentos laminados de nervadura de madera, que se elevan desde los contrafuertes y uniéndose en una corona común articulada.

Cúpulas o Domos.- Estas estructuras exhiben propiedades geométricas que proporcionan máximo espacio encerrado con mínima área de superficie de techo. Los domos también tienen la ventaja de una óptima rigidez estructural.

Los domos de madera cubren grandes espacios interiores no obstruidos y permiten disposiciones flexibles de piso. Los sistemas de armazón de domo laminado ofrecen oportunidades para efectos espectaculares en los techos, junto con una excelente acústica. Son numerosas las variaciones esqueléticas usadas en la construcción de domos de madera incluyendo diseños triangulares, radiales,

geodésicos, triaxiales y modificado. El domo de nervadura radial aparece como el tipo más económico de construcción.

Armazones de Arco Doblemente Abisagrado.- Estas estructuras son idealmente adecuados para diseños de sección despejada caracterizando altas paredes laterales y curvaturas de codo de forma definida. Un arco doblemente abisagrado es normalmente fabricado en tres secciones: dos elementos de riñón de bóveda o de patas curvadas extendidas con una sección central de viga curvada. La sección de viga está usualmente suavemente curvada.

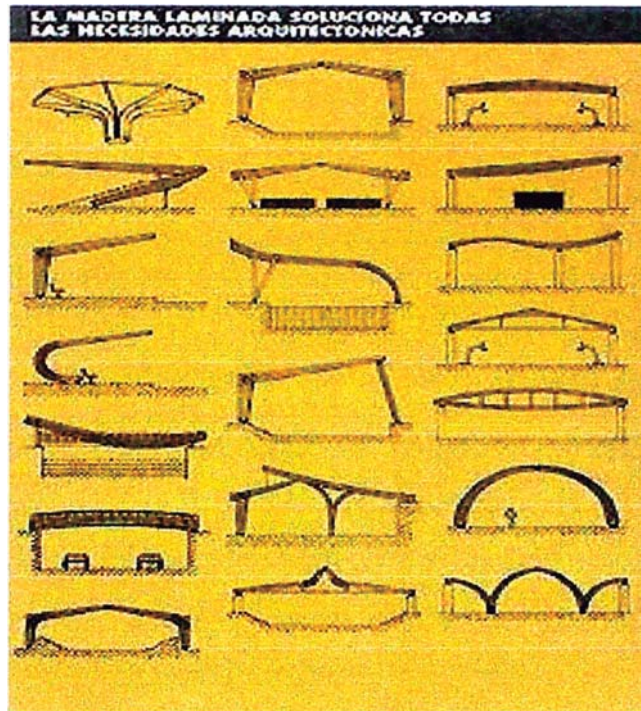
Armazones de Arco en "V".- Estas estructuras laminadas ofrecen una flexibilidad arquitectónica virtualmente ilimitada debido a que la altura de columna y el paso de los brazos de techo pueden ser diseñados para proporcionar variadas tolerancias capaces de satisfacer cualquier criterio decorativo y/o funcional. Los arcos en "V" producen una de las estructuras más rígidas disponibles.

Los armazones altos de arco en "V", tienen un paso de brazo de techo mayor de 45° , presentan interiores imponentes y apariencia soberbia. Son bien adecuados para estructuras religiosas, pues proporcionan cualidades acústicas y expresiones eclesiásticas ideales. Los perfiles bajos de arco en "V", que tienen un paso de brazo de techo menor de 45° tienen muy variadas aplicaciones comerciales.

Arcos de Segmento Amarrado y Apoyado.- Las secciones no obstruidas extremadamente amplias son ejecutadas económicamente mediante arcos de segmento laminado. Los arcos de segmento pueden ser de dos tipos: amarrado y apoyado, dependiendo de los requerimientos de construcción. Si van apoyadas las reacciones horizontales y verticales de todas las cargas son absorbidas por estribos de concreto reforzado a través de zapatas de base simple. Si son amarradas, el empuje exterior debido a la carga muerta es tomado por tensores de acero a la altura del techo, y los segmentos son soportados sobre paredes de mampostería, pilares o columnas usando conexiones simplificadas.

Arcos Parabólicos.- La forma de arco parabólico es la figura geométrica ideal desde el punto de vista de la ingeniería debido a que solo los esfuerzos

longitudinales y compresivos son inducidos, cuando las cargas sean uniformemente distribuidas a través de la sección.

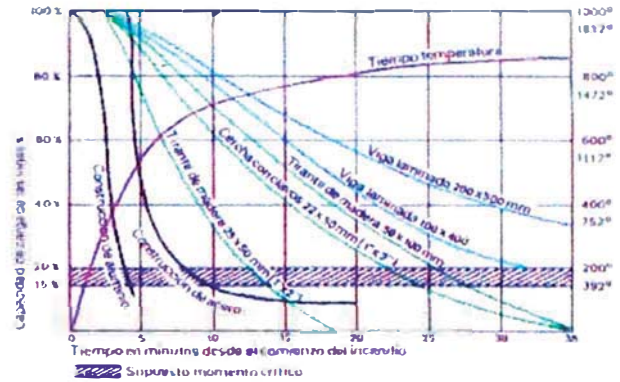
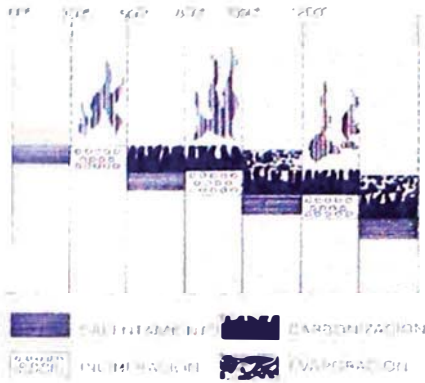


Armazones "A".- Los armazones tipo "A" se crean usando patrones geométricos de simplicidad y son idealmente adecuados para estructuras religiosas u otro tipo de construcciones donde los interiores sean elevados y dramáticos.

Vigas en "I".- Las piezas de sección en "I" son algo más eficaces que las rectangulares, ya que el material está concentrado en las zonas de tracción y compresión de la viga. Pueden fabricarse con laminados horizontales solamente, encolando (o clavando) listones verticales a una pieza laminada horizontalmente, o menos corriente, mediante laminación vertical.

2.4 COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO

La madera de 100 a 300°C, se calienta iniciándose la evaporación del agua contenida y por tanto contribuyendo al aumento de las características físico – mecánicas de la madera.



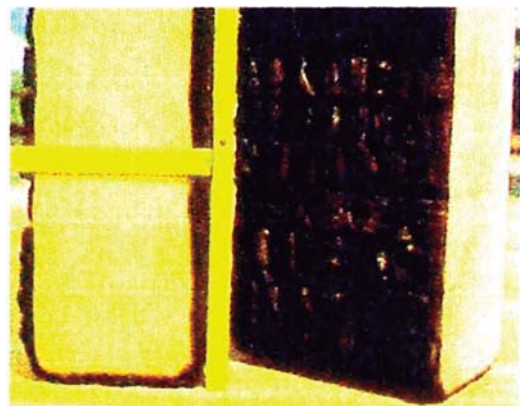
Los gráficos muestran la evolución del comportamiento del material a diversas temperaturas.

La madera entre los 500°C y los 800°C se comienza a carbonizar. Esta descomposición superficial del material es debida a una bajísima conductividad térmica. Cuanto menor es la conductividad térmica de un material, tanto mas lentamente se alcanza la temperatura critica de perdida de características física – mecánicas. Comparando algunos coeficientes de conductividad térmica de materiales usados en construcción: aluminio 175, acero 45, cemento armado 1.2, tenemos que la madera tiene 0.13 y mas aun el carbón de madera 0.03.

De los datos expuestos, resulta evidente que la madera y el carbón de madera, presentan unos valores muy bajos de conductibilidad térmica, netamente inferiores a otros materiales, y esto explica que el estrato carbonizado que se forma superficialmente, proteja de la combustión el alma de la madera por un tiempo relativamente largo, manteniendo así su estabilidad estructural.

Los elementos estructurales en materiales de alta conductividad térmica, sino son suficientemente protegidos por costosas capas protectoras, en caso de aumento de la temperatura, pierden sus características estáticas.

Sección interior de una viga intacta tras un incendio de 30 min.



2.5 EMPRESAS INTERNACIONALES QUE FABRICAN ESTRUCTURAS EN MADERA LAMINADA ENCOLADA

KOPPERS.- Los sistemas estructurales de madera laminada fabricados por Koppers combinan la versatilidad arquitectónica con flexibilidad de construcción. Los miembros estructurales laminados encolados hechos ofrecen resistencia, resistividad al fuego y resistencia a la corrosión más la estabilidad fortificada y la belleza de la madera natural. Las láminas estructurales UNIT suministrados por la Koppers Company Inc., permiten expresiones imaginativas en diseño de edificaciones comerciales, industriales e institucionales.

Todos los componentes estructurales UNIT; arcos, vigas, armazones tipo "A", entramados y plataformas incorporan una tecnología de laminación avanzada, en el tratamiento de maderas y adhesivos que están disponibles. La construcción laminada UNIT Koppers es la pionera en la tecnología de la madera encolada, los miembros UNIT fueron usados en el desarrollo de normas de control de calidad por el Instituto Americano de Construcción en Madera.

RILCO.- Los miembros estructurales de madera laminada encolada RILCO son elaborados de Pino Douglas de la Costa Oeste seleccionado o de madera de Pino Amarillo del Sur, son adheridos a presión con modernas colas estructurales. Siendo laminados por ellos pueden ser formados a medida que ellos sean construidos a cualquier curvatura permisible a las laminaciones individuales, así los arcos y vigas pueden ser diseñados para las formas más eficientes y para tamaños impracticables en madera aserrada sólida de construcción.

Los miembros estructurales RILCO son diseñados para las condiciones de carga y longitud específicas de sus funciones individuales. Su servicio técnico permite establecer dimensiones de sección transversal en exacta proporción a los esfuerzos sin el desgaste o deslucimiento de apariencia usualmente asociado con el uso de miembros de tamaños fijos.

LANIK.- En LANIK estudian el proyecto y dan asesoramiento respectivo. Además, Cuenta con un equipo profesional para realizar un seguimiento completo del proceso

hasta la conclusión de la obra. Este equipo proporciona a arquitectos e ingenieros la asistencia técnica necesaria para el diseño y la realización del proyecto. Los equipos de montaje están preparados para desempeñar su función con precisión y dentro de plazos reducidos.



Un puente y la cobertura de una piscina construida por LANIK en madera laminada

TRADEMA.- Esta empresa tiene el concepto de que la madera laminada es el material que resulta del encolado transversal sucesivo de piezas de madera de modo de mantener una dirección de la fibra aproximadamente longitudinal en cada una de las piezas individuales. El concepto de madera laminada encolada estructural se refiere al producto elaborado en una planta industrial conforme a una norma específica de fabricación, que asegura propiedades mecánicas definidas y confiables, a través de la incorporación de piezas de madera individuales adecuadamente seleccionadas, clasificadas y elaboradas, y al empleo de adhesivos probadamente resistentes y durables. Los componentes individuales, designados como láminas, consisten en piezas empalmadas longitudinalmente al largo requerido y unidas transversalmente pudiendo incluso ser curvadas durante el prensado, de acuerdo a curvaturas preestablecidas.

2.6 VENTAJAS COMPARATIVAS ENTRE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA Y LA MADERA

Sobre las ventajas, podemos mencionar:

- El carácter noble y cálido de la madera se hace presente en forma especial en las estructuras laminadas. Su belleza, esbeltez y forma da calidez y agrado a interiores y exteriores; tanto a estructuras como a superficies cubiertas con ella.

- La madera laminada desde el punto de vista mecánico, tiene características que la ponen a la altura de materiales homogéneos como el acero o el hormigón armado. En cambio la madera tiene excesiva dispersión de sus características.
- La madera laminada debe ser considerado por sus cualidades propias y no como un derivado de la madera. La diferencia se nota en las dimensiones que se pueden obtener, no solo en los largos sino también por la geometría que se puede ejecutar tanto en las secciones como en las piezas mismas.
- La madera laminada permite diseñar elementos muy flexibles de formas muy diversas ya que el espesor de las láminas da la posibilidad de construir elementos curvos, algo no factible con la madera natural. Pueden construirse para secciones variables inusuales y de grandes longitudes.
- Un miembro laminado de gran sección transversal resiste mejor al fuego que un tipo de construcción en el que las maderas queden expuestas en piezas pequeñas separadas.
- La sección de un madera laminada puede variar según las solicitaciones mecánicas a que este sometido. La madera de los grados de mayor resistencia puede colocarse en aquellas partes del miembro compuesto en las que los esfuerzos sean mayores y el material de grado inferior donde los esfuerzos sean menores. Pueden utilizarse además, piezas pequeñas de madera de grados inferiores en la construcción de grandes miembros estructurales.
- El encolado correcto permite que las laminaciones funcionen como una sola unidad con más efectividad que la que es posible obtener con clavos, pernos u otros dispositivos mecánicos. Las vigas laminadas pueden construirse con la contra flecha necesaria para eliminar el pandeo que acompaña con frecuencia el curado de las vigas rectas de madera sólida.
- Debido a que el material de 1" y 2" se cura con facilidad, pueden obtenerse miembros laminados encolados completamente curados. En las laminaciones puede usarse madera que está completamente curada, libre de defectos, entonces se permiten esfuerzos unitarios más elevados en el diseño de vigas laminadas y arcos que en las piezas de madera sólida.
- Los miembros laminados son menos pesados, su puesta en pie de obra es rápida y se acomoda a cimentaciones ligeras. Además, resiste perfectamente a la

corrosión, el ataque de insectos y productos químicos, aportando cualidades aislantes, estéticas de comodidad y de resistencia al fuego.

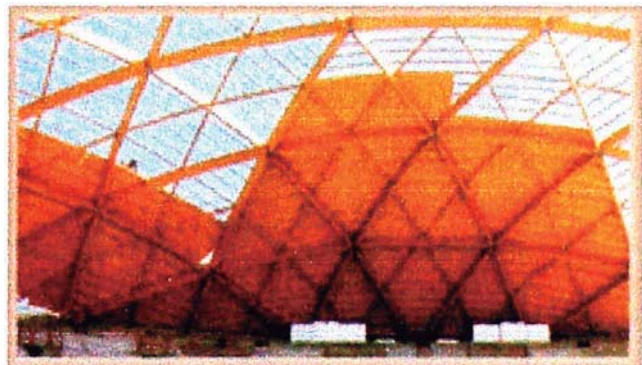
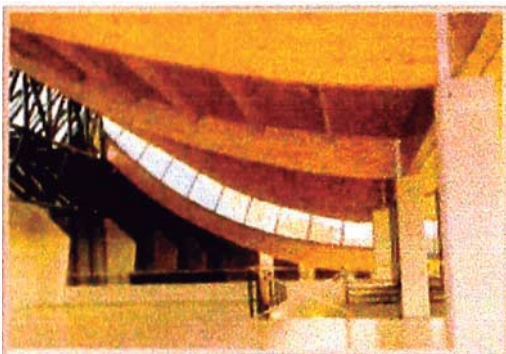


Cubierta de madera sólida



Estructuras en madera laminada encolada.

Las ventajas de la utilización de madera laminada en estructuras son elocuentes, en comparación con la madera sólida.



Sobre las **limitaciones**, cabe destacar que aunque una viga laminada ofrece ciertas ventajas, el costo de preparación generalmente es mayor que la de un miembro sólido de madera verde. Si se acepta la madera verde, probablemente puede obtenerse en menor tiempo que el necesario para obtener un miembro laminado. Al igual como sucede con el empleo de otros materiales, por ser un material anisotópico, que se resiente con el medio ambiente, por su naturaleza giroscópica, el laminado debe ser protegido de la acción del agua y de los rayos ultravioletas.

Los miembros laminados deben fabricarse en una planta equipada para el objeto, y el tamaño de los miembros puede estar limitado por los servicios de transporte. El proceso de laminación requiere de equipo especial, instalaciones especializadas en las plantas y adiestramiento para la fabricación que no son necesarios para la producción de piezas de madera sólida verde.



Las estructuras en madera laminada son estéticas y acogedoras



Mediante estos sistemas estructurales de madera se alcanzan luces muy importantes



Esta construcción se basa en un sistema estático de pórticos articulados

CAPITULO III:

LA MADERA LAMINADA EN EL MERCADO NACIONAL

3.1 ESPECIES MADERERAS QUE SE EXTRAEN EN EL PERÚ

Nuestro país posee una gran extensión de bosques amazónicos, del cual se extraen maderas latifoliadas que cuenta con poca información técnica actual. La bibliografía mas actualizada sobre maderas son de especies coníferas, como el pino o el abeto, especies de zonas templadas de EE.UU. o Europa, que son de diferentes características y comportamientos que las maderas nacionales.

Para compensar esta falta de información, la Junta del Acuerdo de Cartagena y los Países Miembros del Grupo Andino desarrollaron diferentes proyectos, trazándose el objetivo de incorporar la madera tropical (latifoliada) como material de construcción, con todas las características técnicas de normalización y reglamentación.

Así en 1975, se investigaron 104 maderas de la Subregión Andina, dentro de las cuales **20 eran especies peruanas (ver cuadros 1 al 7 en Capitulo I)**, el estudio concluyo en un documento técnico, el cual representa el manual básico para construir con madera.

Posteriormente en 1979, se presento el libro: "Estudio Integral de la Madera para la Construcción", donde se detallo el estudio realizado por la Junta del Acuerdo de Cartagena, incluyendo las 20 especies madereras peruanas, editado por el entonces Ministerio de Agricultura y Alimentación conjuntamente con la Universidad Agraria La Molina, quienes hicieron los estudios y pruebas con probetas

seleccionadas de maderas extraídas de Pucallpa, Tingo Maria y Oxapampa. Basándose en las normas del ex ITINTEC se establecieron las comparaciones con el pino oregon, los cuales resultaron en la mayoría de los casos superiores en propiedades y comportamientos resistentes.

El Reglamento Nacional de Construcciones agrupó en 3 las especies madereras basándose en los valores de la densidad básica y la resistencia mecánica. Esta clasificación se realizó, entre otros factores, porque en los bosques del Perú, que **cuenta con un gran número de especies, el volumen de madera por especie no es tan abundante**, de manera que la utilización racional se lograra al agrupar las especies en función a sus características. Esta es una consideración muy particular que se debe tener en cuenta al fabricar las estructuras en madera laminada encolada.

| ESPECIES | GRUPO | DENSIDAD BÁSICA (g/cm ³) |
|--|-------|--------------------------------------|
| Estoraque Pumaquiro | A | > 0,71 |
| Huayruro Manchinga | B | 0,56 a 0,70 |
| Catahua Amarilla Copaiba Diablo Fuerte Tornillo | | 0,40 a 0,55 |

3.2 CONDICIONES FAVORABLES PARA LA UTILIZACIÓN DE LAS MADERAS PERUANAS

Para lo cual, consideraremos las semejanzas y diferencias entre las maderas que se usan en el extranjero y las extraídas de los bosques amazónicos. Por ejemplo, en Inglaterra se hacen estructuras laminadas de maderas coníferas tales como el Pino rojo o Blanco del Báltico, el Abeto de Douglas o la Tsuga del Pacífico. En Europa la madera utilizada actualmente es la Epicea.

La clasificación de las especies madereras, las divide en dos grandes grupos: las **maderas latifoliadas** y las maderas coníferas. Una de las principales

diferencias, que constituye una característica notoria en el comportamiento mecánico es aquella relacionada con la resistencia y la rigidez (capacidad para experimentar deformación.) Esta resistencia mecánica está asociada con la densidad. Está comprobado que, a igual densidad las maderas latifoliadas de nuestros bosques amazónicos, muestran mayor resistencia que las maderas coníferas del extranjero. Esto se debe a la estructura anatómica heterogénea de las maderas latifoliadas, constituida por diferentes células leñosas, en comparación de las maderas coníferas, de estructura anatómica homogénea y constituida de elementos leñosos llamados traqueidas. Otro punto de referencia lo encontramos en la densidad media de las coníferas que se muestra así:

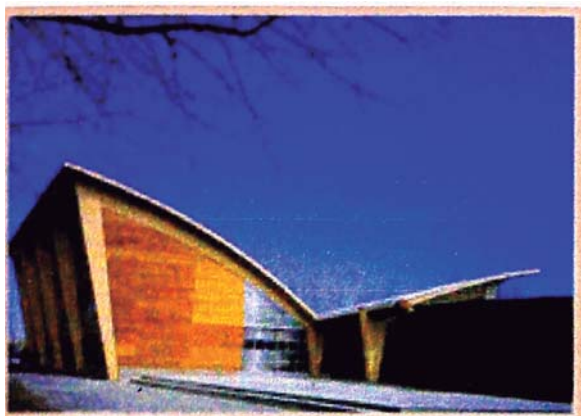
| ESPECIES | DENSIDAD BASICA (g/cm ³) |
|---------------------|---|
| Abeto de Douglas | 0,52 |
| Tsuga del Pacifico | 0,49 |
| Abeto Rojo | 0,40 – 0,49 |
| Pino Blanco Europeo | 0,46 |

Contenido de humedad del 18%

Esta densidad esta asociada a la resistencia mecánica y como se puede comparar con los Cuadros 1 y 4, las maderas peruanas alcanzan y hasta superan estas densidades, por mas que los estudios se han realizado con diferentes niveles de humedad, nuestras maderas superan largamente a las maderas coníferas.

Con lo que se puede concluir, que las **20 maderas peruanas son adecuadas en sustitución de las maderas coníferas** tanto para los laminados encolados como para otros tipos de estructuras. Además, las maderas latifoliadas amazónicas tienen mayor elasticidad, lo que lo hace idóneo para la aplicación de las formas estructurales desarrolladas para los encolados laminados.

Con respecto a las características de las colas, no se indican restricciones acerca del tipo de madera que se debe emplear en la laminación. En realidad, a temperatura adecuada y con presión controlada, los diferentes tipos de colas resultan eficaces en el pegado, debiendo hacerse un estudio específico de estos.



3.3 PROBLEMÁTICA DE LAS VÍAS DE TRANSPORTE

En nuestro medio, la falta de un sistema de carreteras adecuado y en buenas condiciones para transportar las especies maderables desde los bosques tropicales hasta los puntos de tratamiento, y luego hasta los centros de comercialización es el principal problema que encarece el uso masivo de la madera en el país.

Una vez terminado el proceso de fabricación y dado el acabado final, los miembros laminados deben ser embarcados con una cubierta selladora o natural, transportados envueltos para proteger sus superficies lisas y para que lleguen a la obra lista para su colocación. Esta envoltura protectora debe permanecer sobre los arcos, no debe ser removida durante el montaje en obra, solo hasta que las planchas de techado sean aplicadas.



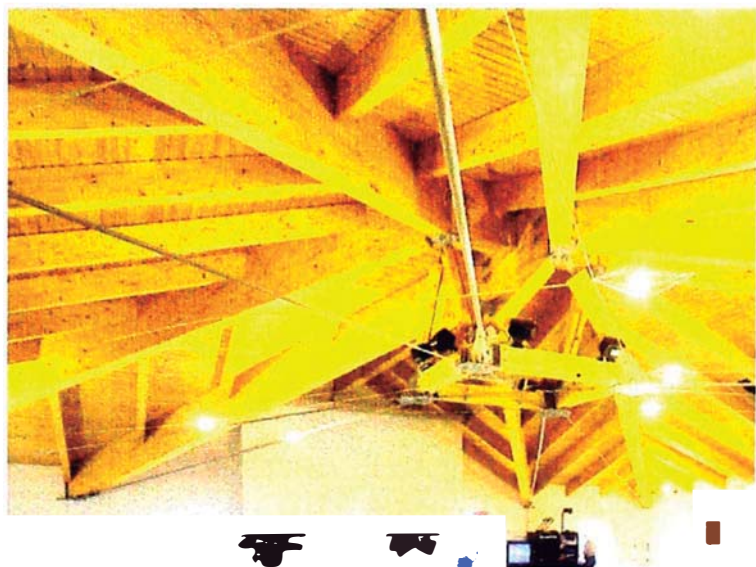
Montaje "in situ" de una estructura

3.4 COMPARACIÓN CON OTROS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS:

| | MADERA LAMINADA | HORMIGÓN | ACERO |
|---|--|---|---|
| Peso | Ligera | Pesada | Menos pesado |
| Puesta en obra | Rápida | Lenta | Rápida |
| Cimentación | Ligera | Pesada | Ligera |
| Luces | Grandes | Cortas | Intermedias |
| Gasto de energía de producción | Como 1 | 16 veces mas | 6 veces mas |
| Acabado | Natural, desde la salida de fabrica | Necesita acabado final, tarrajeo, pintura | Necesita revestimiento como acabado final |
| Estética | Agradable | No agradable | Media |
| Esbeltez | Buena | Pesada | Buena |
| Ataque de Agentes externos | Resistente a la corrosión, ataque de insectos, productos químicos | Muy resistente | Resistente a algunos productos químicos, requiere tratamiento contra la corrosión |
| Comportamiento frente al fuego | Resistente, no pierde rápidamente su resistencia bajo altas temperaturas | Colapso repentino a elevadas temperaturas | Colapso repentino a altas temperaturas |
| Economía vs. Luz | Económica para cubrir grandes luces | Antieconómica, si se incrementa la distancia a cubrir | Económica para grandes luces |
| Comportamiento frente a la flexión, (para misma carga resistida) | Tiene un peso propio menos | Hasta 6 veces mas | 5 a 10 veces mas |



Detalles constructivos de estructuras en madera laminada encolada



Las construcciones con laminas encoladas son mas resistentes que las macizas

CAPITULO IV:

ESTRUCTURA EN MADERA LAMINADA ENCOLADA

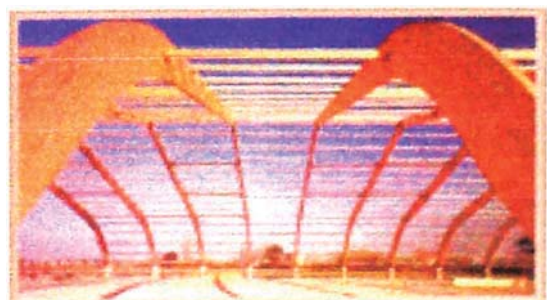
4.1 VISIÓN DE LAS ESTRUCTURAS LAMINADAS EN EL EXTRANJERO

Las estructuras en madera laminada encolada constituyen hoy en día singularidades constructivas, cuando cincuenta años atrás eran singulares las estructuras que no utilizaban la madera.

Las razones de esta profunda modificación de usos son muchas y no todas ellas de carácter técnico. Pensar en una involución hacia situaciones precedentes es hoy por hoy tan solo una posibilidad remota. Sin embargo existen cada vez mas razones que permiten pronosticar una recuperación progresiva de la madera en las estructuras arquitectónicas.

Quizá la razón primera surge de la generalización del uso de la madera laminada, derivado de madera o material compuesto si atendemos a una nomenclatura más actual, que permite aprovechar al máximo las características de la madera minimizando sus limitaciones y defectos.

En la construcción con madera laminada, todo el peso que recae en la estructura es soportado, en ultimo termino, por el adhesivo, por lo que el único problema para que la estructura colapse esta en la fatiga de la cola.



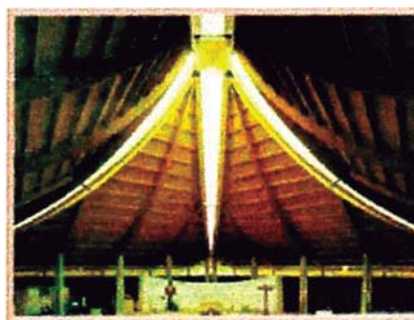
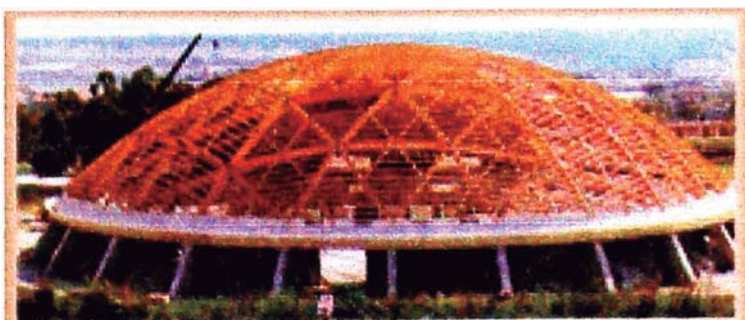
Sin embargo, en la actualidad, se ha demostrado que algunos de los primeros fallos ocurridos en la viga de madera laminada eran imputables al diseño arquitectónico, mas que a la sustancia adhesiva (cola) o la calidad de la madera utilizada

4.2 SEGURIDAD FRENTE A INCENDIOS

Es muy importante el comportamiento de la estructura laminada bajo la acción del fuego. El valor estético de la madera y sus características provocan el deseo de su uso, siendo desde siempre uno de los materiales nobles en la construcción. Pero, a causa de su combustibilidad es real una cierta aversión y asombro ante su uso como material resistente.

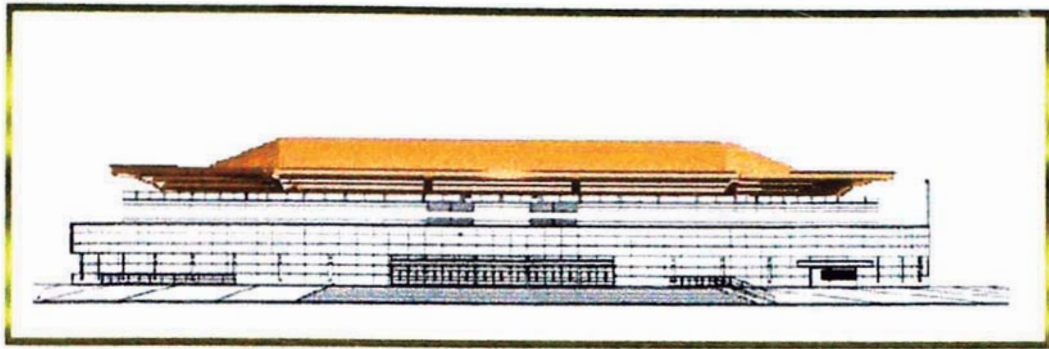
Siendo cierto que la madera tiene una mala reacción al fuego, no se pone en discusión su excelente resistencia al fuego, siendo esta característica fundamental en la garantía de un tiempo de huida necesario para la evacuación de bienes y vidas. Con otros materiales no se puede prever el comportamiento del edificio frente al fuego. Con la madera laminada, desde el proyecto, se sabe cual será su comportamiento y su tiempo de huida antes del colapso.

A todas las características, que ponen a la madera laminada encolada como material de primera línea para este tipo de edificaciones, se le suma entonces, en carácter de muy importante su comportamiento frente al fuego.

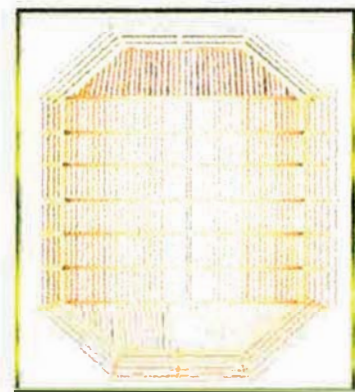
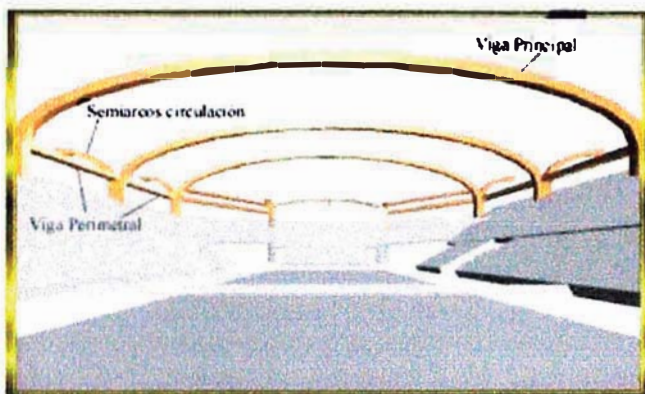


4.3 PROYECTOS

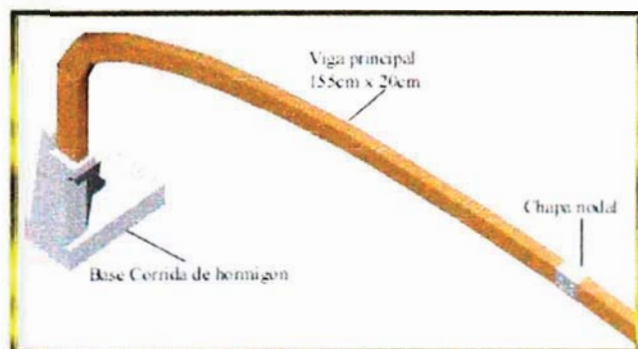
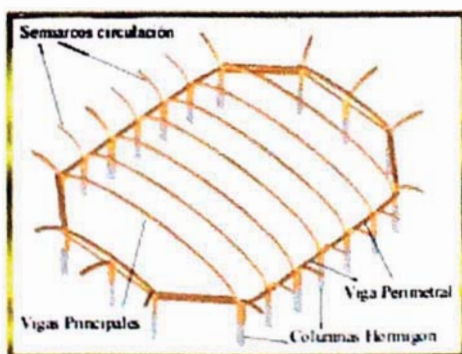
ESTRUCTURA DE UN POLIDEPORTIVO EN ESPAÑA EN MADERA LAMINADA



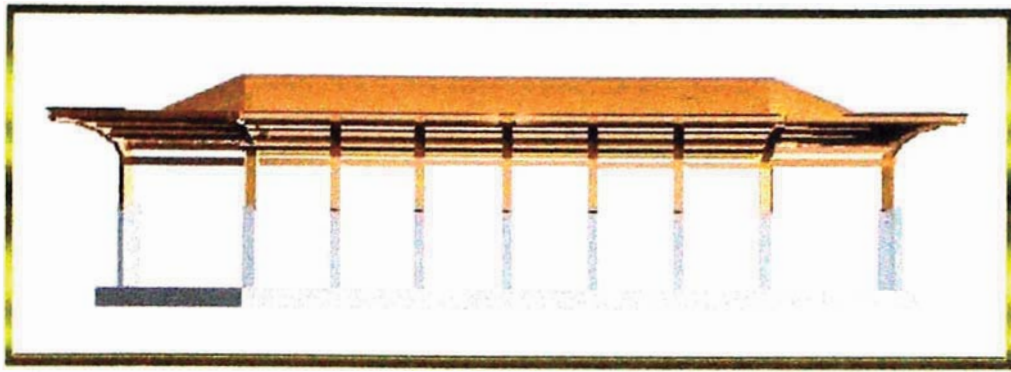
La estructura esta compuesta por un sistema de vigas curvas unidas en el centro.
Consta también de una estructura secundaria en la que se apoya la cubierta.



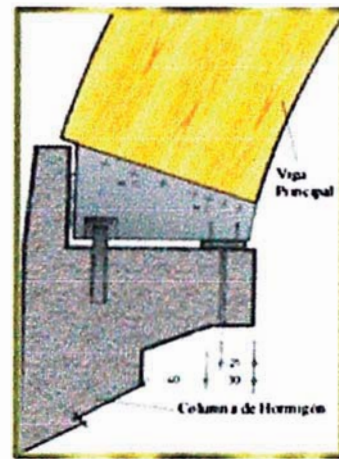
Sistema de vigas y apoyos: La estructura principal esta constituida por arcos formado por dos vigas curvas, unidas en el medio con una chapa nodal. La luz a cubrir es de 60 m., la relación $L/40$ nos da una viga de 1.50m. de altura. De esta forma con dos semiarcos queda resuelta la estructura principal.



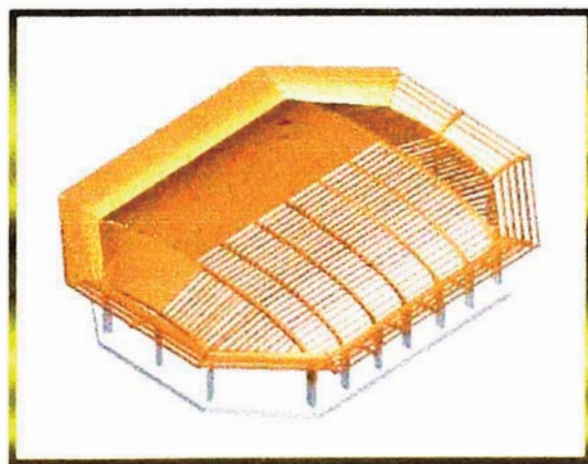
Las dimensiones de las vigas son 155 cm. x 20 cm.



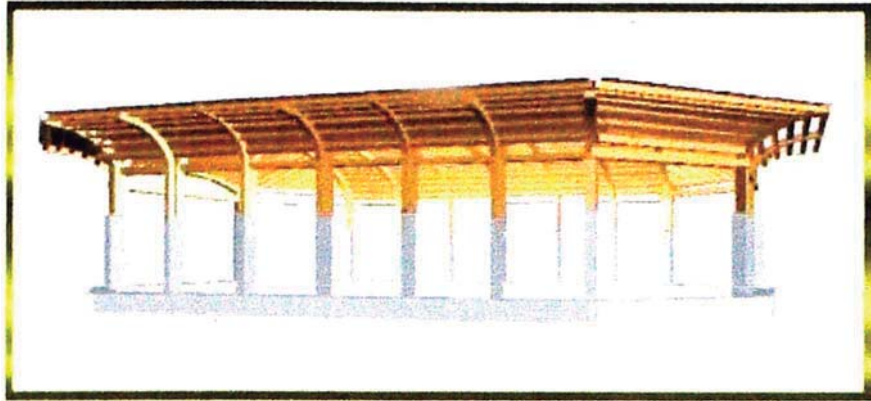
Las vigas principales apoyan en una columna de hormigón, dichas columnas a su vez se apoyan en una zapata corrida del mismo material.



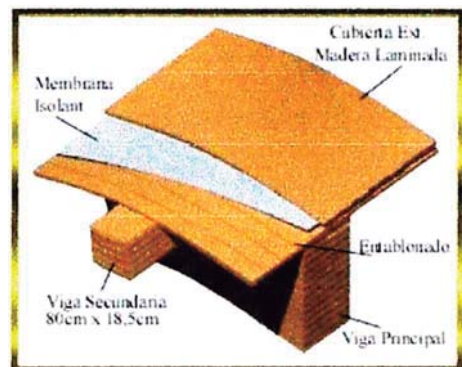
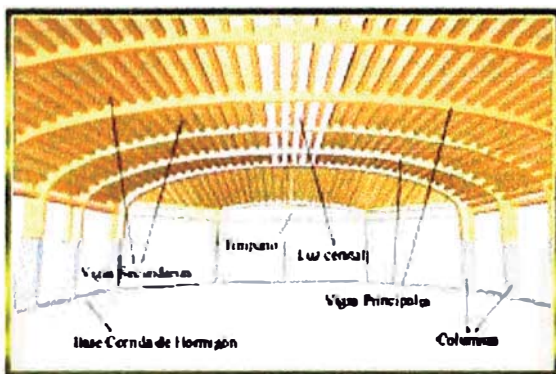
El anclaje de la viga a la columna esta realizado por una pieza metálica y bulones



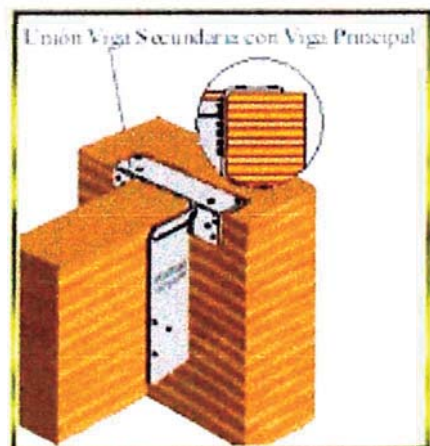
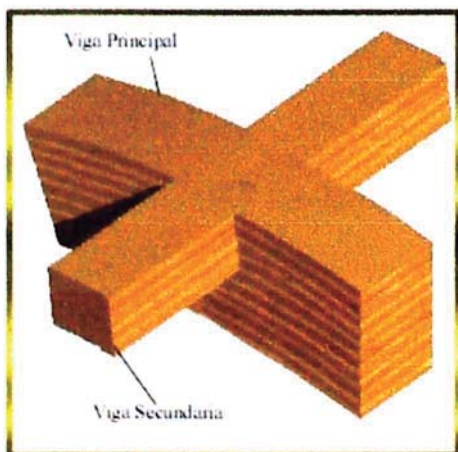
Cubierta: Formada por las vigas principales y una estructura secundaria, unidas entre si por piezas metálicas. Además sobre estas vigas se apoya un entablonado



Detalle exterior de cubierta



La cubierta se vera interrumpida en el centro para dar lugar a la entrada de luz cenital, en los tímpanos de los extremos se colocara también carpintería con el mismo fin



Detalles de cubierta y encuentro viga principal y secundaria

ESTRUCTURA DE UN COLISEO CIRCULAR EN MADERA LAMINADA ENCOLADA

El proyecto consiste en techar un coliseo de forma circular que tiene un radio de 25.00 m. y cubre un área techada de 1963.50 m². El coliseo está estructurado sobre la base de columnas de .50x.90 m., una viga collar de .60x.40 m. que amarra a todas las columnas. Los muros de soga son de albañilería. El coliseo cuenta con dos ingresos, una circulación interior de 1.80 m. de ancho, una circulación exterior de 6.00 m. de sección, una jardinera perimetral de .75 m. de ancho y un cerco protector de 2.10 m. de alto.

Se utilizara la madera tornillo por sus cualidades estructurales. El tornillo es una madera peruana muy utilizada en nuestro medio, pero solo para estructuras menores, pies derechos y/o encofrados. Esta madera está clasificada en el grupo "C" de maderas de uso estructural, junto con la Catahua Amarilla, la Copaiba y el Diablo Fuerte. El Tornillo tiene una densidad = 430 Kg/m³.

La estructura del techo se plantea como una estructura de vigas concéntricas en madera laminada encolada. Las características de las vigas principales son el material y su forma, es de sección variable, de 1.45x.20 m. en la base y .60x.20 m. en la cúspide. Las viguetas son de madera tornillo laminado encolado y tienen una sección constante de .40x.10 m.

Se diseño un anillo circular en la cúspide de 2.00 m. de diámetro y una altura de .80 m., para así acortar la luz a la mitad, ahora de 30.00. y la viga actuaría como un voladizo. El anillo será de acero estructural, material ideal para absorber los esfuerzos por su elasticidad.

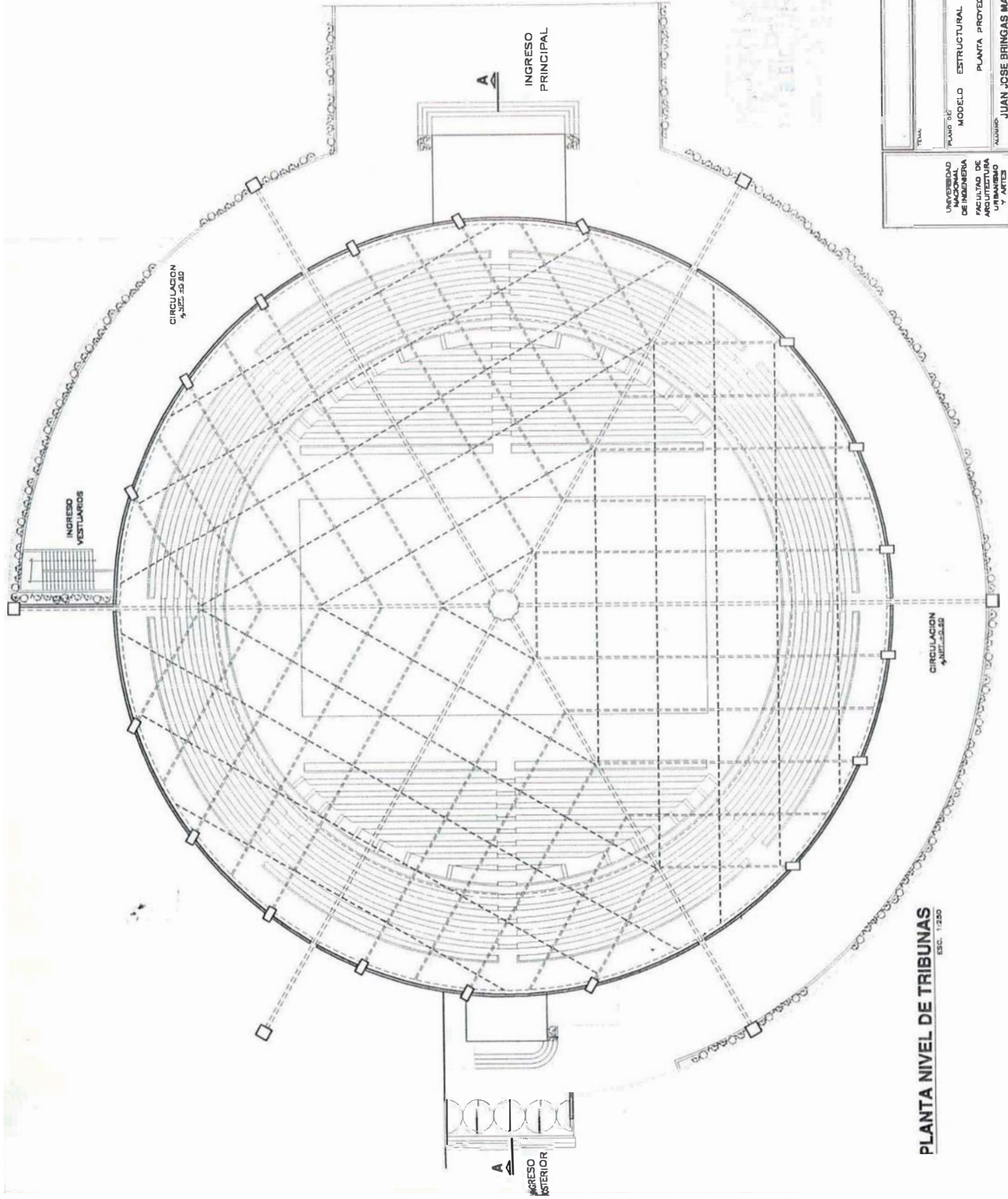
Para que las viguetas vibren de una manera uniforme ante un sismo, se rigidizara la estructura en el sentido perpendicular a las viguetas, para lo cual se colocaran atiesadores laterales de acero estructural (2 "L" de 2"x2"x3/8" de sección.) Se cubrirá el techo con planchas Flexiforte de 1.10x3.05 m., estas planchas son livianas y no generan una carga excesiva en el techo. Esta descripción se muestra en los planos de Arquitectura del Coliseo:

- C-01: Planta del Coliseo, nivel de tribunas con la estructura del techo proyectado.
- C-02: Planta de Techos del Coliseo, con vigas, viguetas y atiesadores laterales.
- C-03: Cortes del Coliseo, con elevación de viga principal y vigueta secundaria.

Teniendo las plantas y los cortes generales del Coliseo, se desarrollaron los planos de Obra: Detalles Constructivos, que son:

- D-01: Detalle de Viga Principal y el Anillo circular y los encuentros Anillo - Viga, Viga - Vigueta.
- D-02: Detalle de la Vigueta y del Soporte del Techo Plano.
- D-03: Detalle del encuentro Vigueta – Atiesador y el Atiesador Lateral.
-

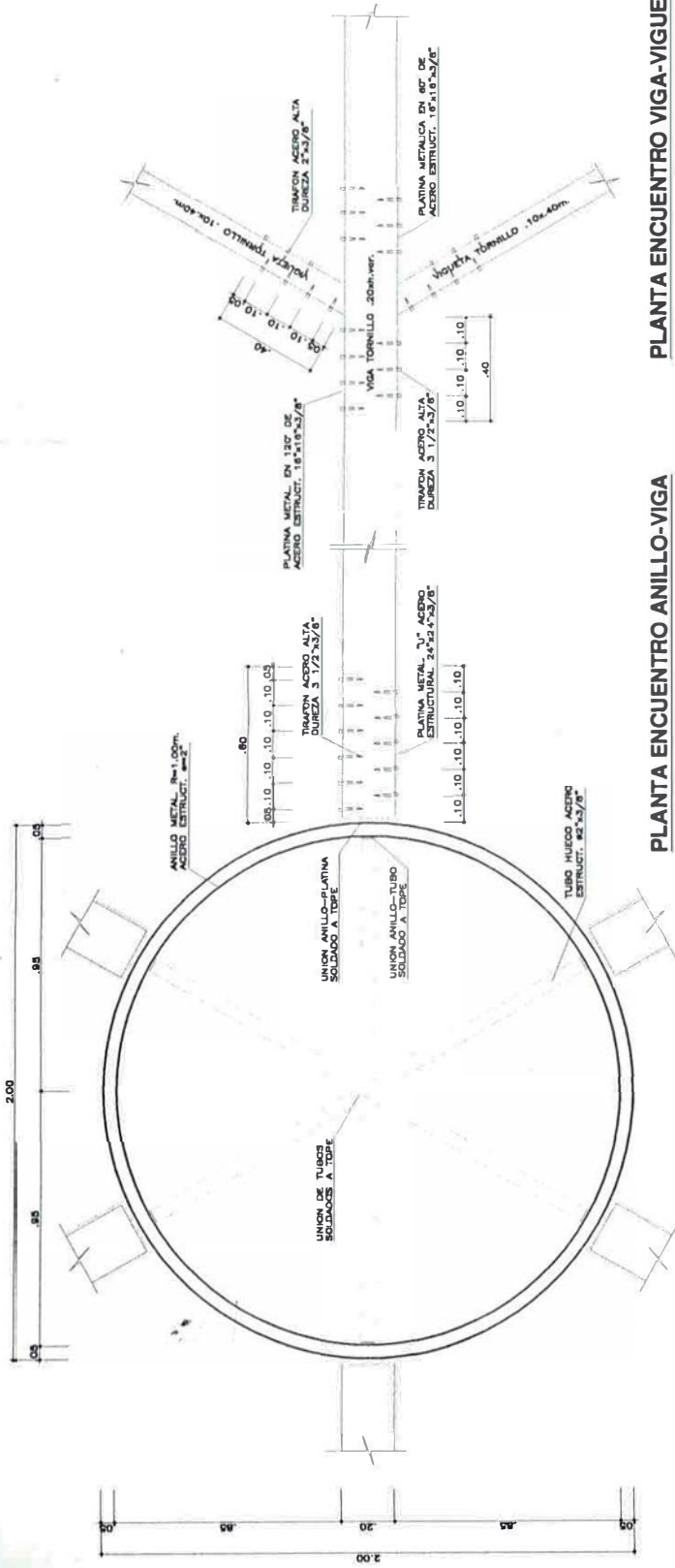
Este sistema estructural no es común para este tipo de techos circulares. El diseño plantea que las vigas y viguetas tengan el sentido de la curvatura de la cáscara del techo. El sistema adoptado hace que las vigas y viguetas no solamente cumplan un rol estructural sino también una función estética, ya que muestra la estructura de madera en toda su magnitud.



PLANTA NIVEL DE TRIBUNAS
ESC. 1:250

| | |
|---|---------------------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA DE CONSTRUCCION Y ARQUITECTURA Y ARTES | ESCALA 1:250 |
| PLANO N° | LAMINA N° |
| MODELO | ESTRUCTURAL DEL TECHO COLOSEO |
| ALUMNO | PLANTA PROYECCION DE ESTRUCTURA |
| JUAN JOSE BRINGAS MASGO | |

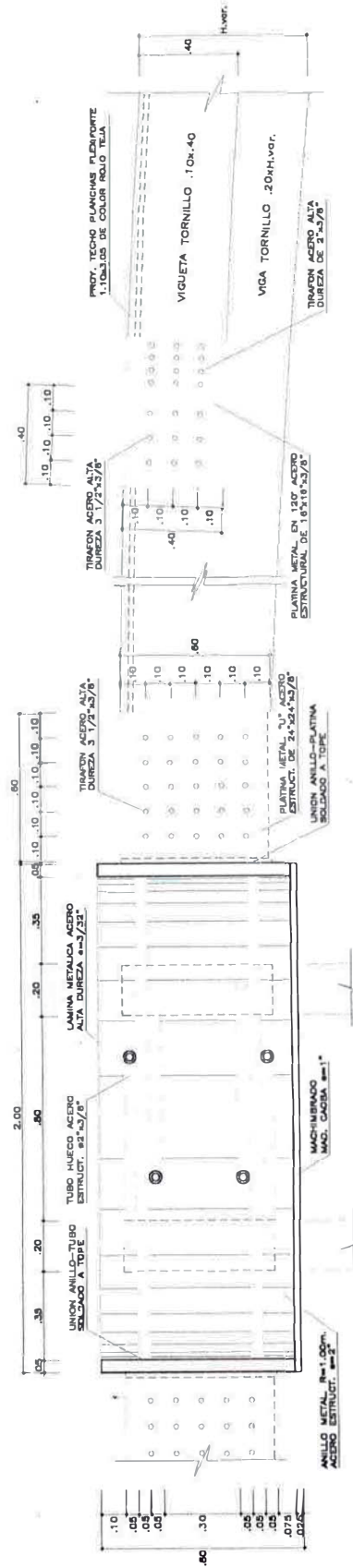
C-01



PLANTA ANILLO CIRCULAR

PLANTA ENCUENTRO ANILLO-VIGA

PLANTA ENCUENTRO VIGA-VIGUETA

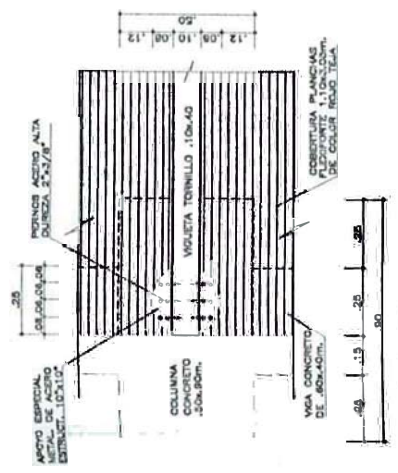


CORTE ANILLO CIRCULAR

ELEVACION ENCUENTRO ANILLO-VIGA

ELEVACION ENCUENTRO VIGA-VIGUETA

DETALLE DE VIGA
ESCALA 1:20

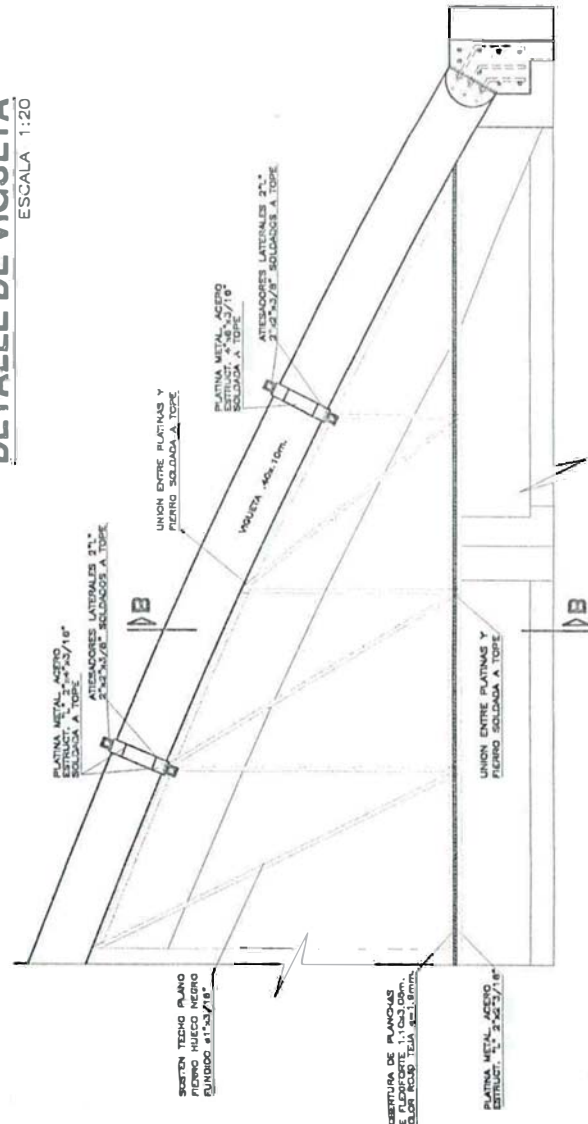


PLANTA ENCuentRO VIGA-MURO

ELEVACION ENCuentRO VIGA-MURO

DETALLE DE VIGUETA

ESCALA 1:20

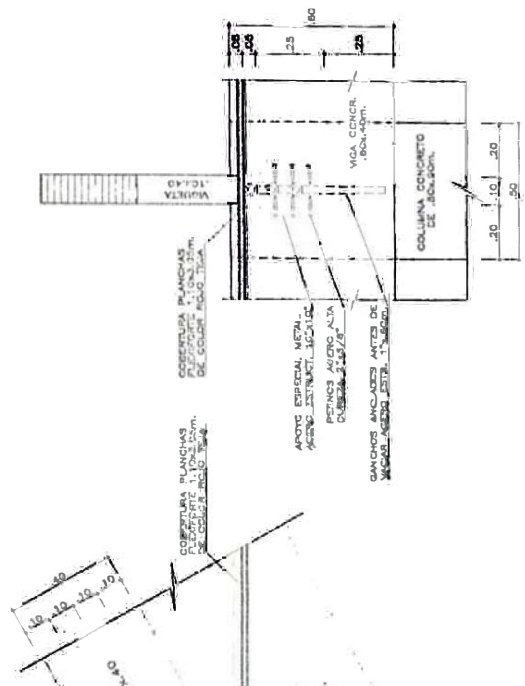


ELEVACION SOPORTE TECHO PLANO

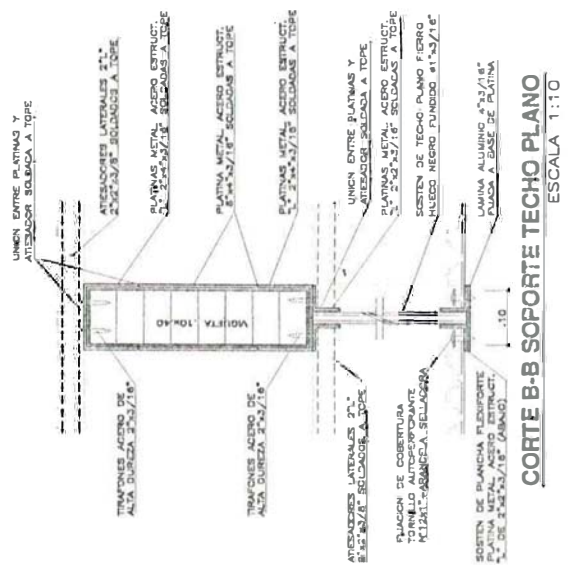
ESCALA 1:40

DETALLE SOPORTE DE TECHO PLANO

ESC. INDICADA



CORTE ENCuentRO VIGA-MURO



CORTE B-B SOPORTE TECHO PLANO

ESCALA 1:10



UNIVERSIDAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARTES

ESCALA 1:20

LAMINA IV

D-02

DETALLES DE LA ESTRUCTURA DEL TECHO
DETALLE VIGUETA Y SOPORTE DE TECHO PLANO

JUAN JOSE BRINGAS MASCO
DISEÑO

PROYECTOS INTERNACIONALES

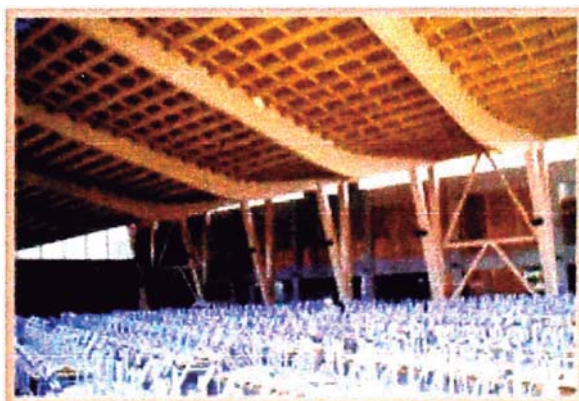
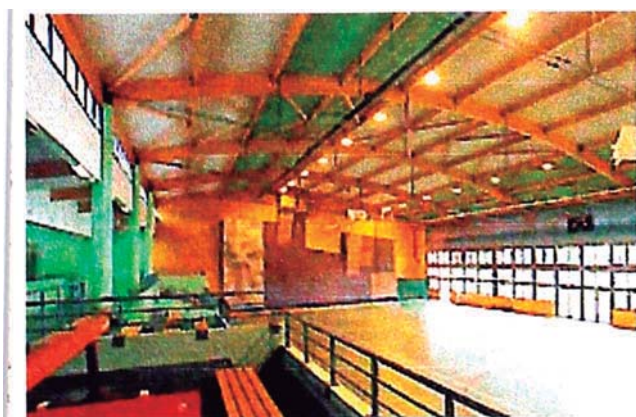


CONCLUSIONES

- La fabricación de estructuras en madera laminada puede ser desarrollada en nuestro país, es un área de trabajo aún no explorado. La factibilidad técnica de la utilización de madera nacional en la elaboración de estructuras laminadas, es real y su aplicación en el país es viable.
- La madera laminada tiene un valor elevado en el exterior, superior al que tuvo la madera en épocas precedentes, al identificarla con una arquitectura ecológica y singular, con los grandes espacios y con una construcción de calidad.
- Debe potenciarse en nuestro medio, el redescubrimiento de la madera, de sus cualidades técnicas y ambientales. Pero se topa en un primer momento con inconvenientes ordenancistas, económicos o derivados del "facilismo" de los agentes edificatorios.
- Por las exigencias medio ambientales en nuestra sociedad se debe crear una dinámica favorable, que vea en la madera uno de los productos estrella de la sostenibilidad: Material ecológico y renovable, acumulador natural de energía solar, poco necesitado de energía de transformación, no productor de agentes contaminantes y completamente reutilizable o reciclable.
- La madera laminada permite construir elementos estructurales de grandes dimensiones y por ende cubrir grandes luces sin pilares intermedios, salvando con un elemento único, en arco, una luz antaño imposible aun con las más complejas y pesadas armaduras triangulares. Puede adaptarse a formas curvas, quebradas o mixtilíneas.
- Las estructuras en madera laminada presentan un óptimo comportamiento frente a la acción sísmica y una baja relación peso vs. Resistencia. El moderado peso propio del material condiciona construcciones livianas de

reducida inercia, lo que en un país sísmico como el nuestro constituye una ventaja importante.

- La industrialización de la madera laminada puede ser afectado en un primer momento, por la competencia económica, que privilegia secciones de gran inercia con alturas notables de costo mínimo, que condiciona los resultados formales.
- El informe no se queda solo en un estudio de la madera laminada, sino concluye con un proyecto utilizando un sistema de estructuración no convencional utilizando como material estructural la madera laminada encolada.
- Las 20 especies maderables peruanas estudiadas por el Acuerdo de Cartagena son adecuadas para utilizarlas como madera laminada. Las maderas peruanas, tienen una heterogeneidad mayor con respecto a las maderas extranjeras, sin que esto implique, que sea perjudicial, para la tecnología del laminado.
- La no aplicación de esta tecnología en nuestro país se fundamenta en el desconocimiento de las utilidades y las bondades de la madera laminada y su proceso constructivo.



RECOMENDACIONES

- Se debe desarrollar el análisis de modelos de estructuración utilizando madera laminada encolada y un material convencional, llámese concreto o acero, para hacer las comparaciones, y tener información técnica real de las ventajas y desventajas de la aplicación de este nuevo material en el país.
- Se debe profundizar el análisis de las 20 maderas peruanas, para su uso estructural, estudiadas por el Acuerdo de Cartagena y desarrollar el análisis de otras especies, que se están talando actualmente.
- Se debe mejorar las vías de transporte en el país, desde los bosques hasta los centros de tratamiento, con el fin de abaratar el costo de la madera.
- Se debe analizar más exhaustivamente las vigas y los arcos laminados de sección variable, utilizando madera laminada, para evitar posibles colapsos.
- Se debe analizar el comportamiento de las colas en maderas peruanas.
- Se debe estudiar con más detalle las uniones, que constituyen los puntos débiles, dado que el agotamiento de una estructura puede presentarse en la falta de resistencia de cualquiera de sus ensambladuras. El análisis de los tipos de uniones y anclajes, tanto como los materiales a utilizarse deben ser verificados. El anclaje sobre todo en el ámbito de arriostramiento, debe estudiarse porque esto condiciona la estabilidad general del conjunto.
- Se debe capacitar al personal profesional que labora en empresas constructoras relacionadas con la utilización de madera. Luego la capacitación del personal de mando medio para el mejor desarrollo de labores específicas.

BIBLIOGRAFIA

- Parker Harry
Diseño Simplificado de Estructuras de Madera.
Editorial Limusa – Wiley, S.A. México. 1972. 557 Pág.
- Atrium Public Interior. Ediciones Atrium S.A.
Construcción. Materiales para Construcción y sus Aplicaciones. España.
Colección técnica de bibliotecas profesionales. Tomo I.
- Ministerio de Agricultura y Alimentación / UNA.
Estudio Integral de la Madera para la Construcción.
Segunda Edición. Abril 1979. Lima - Perú.
- C. J. Mettem
Structural Timber Design and Technology. Longman Scientific @ Thecnical.
Timber Research & Development Association. 1986.
- Timber Frame Housing. A Simplified Method
National Building Agency and Timber Research & Development Association.
- Nevado, Miguel A. R.
Diseño Estructural en Madera (Kitharis @ ctv.es)
Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el
Corcho. AITIM, 1999.
- Timber Design Manual Metric Edition.
Laminated Timber Institute of Canada, 1980.
- Limit States Design of Wood structures
F. J. Keenan
M H Morrison Hershfield Limited. Consulting Engineers. 1986. 1ra Edición.
- Timber Designers' Manual
E. C. Ozelton, J. A. Baird
Crosby Lockwood Staples. London. 1976.
- La Madera.
The International Book of Wood
Mitchell Beazley Publishers Limited, Londres, 1980
- Junta de Acuerdo de Cartagena.

Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino. Lima, 1982.

- Revista de la Firma Koppers.

Designs Manual Unit Engineers Laminated Structures. Edición 1969.

- “Descripción General y Anatómica de 105 Maderas del Grupo Andino”.

PADT - REFORT. 1982.

“Influencia de Defectos en la Rigidez y Resistencia de Vigas de 5 Especies de la Subregión Andina”. Scaletti, H. PADT - REFORT. 1983.

“Tabla de Propiedades Físicas y Mecánicas de 20 Especies del Perú”.

PADT - REFORT. 1985.

Junta de Acuerdo de Cartagena

- West Coast Lumbermen Associations Standards Specifications for Structural Glued.

Revista Douglas Fir (Coast Region) Lumber. Edición 1957, Portland, Oregon.

- Lisborg Miels

Principios Fundamentales de Diseño de Estructuras.

México Continental. 1965, 557 Pág.

- Páginas web:

www.lanik.com

www.euro-lamelli.com

www.demadera.com

www.lamitec.com

www.rilco.com

- Instituciones visitadas:

Biblioteca del CISMID (Centro de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres.)

Biblioteca de CITE-MADERA.

Biblioteca Central de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Biblioteca de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Biblioteca de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional Agraria La Molina.