

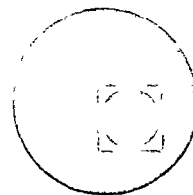
CURSO PROYECTO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS EN MADERA

FECHA	DURACION	TEMA	PROFESOR
Mar. 4	18:00 - 18:30	INtroducción	Ing. Fedérico Martínez de Hoyos
	18:30 - 20:00	R_e cursos Forestales de México	Ing. Antonio Sierra Pineda
	20:00 - 21:00	Proyectos Oficiales	
		Especies forestales utiliza--	Dr. Ramón Echeqnique Manrique
		dos para fines estructurales.	
Mar. 6	18:00 - 21:00	Características de la madera-	
		Diferentes fabricaciones y --	
		representaciones.	
		Pre-Servación y retardo de --	
		Incendio.	Dr. Ramón Echemique Manrique
			M. en C. Luis Manuel Pinsón y Picaseño
Mar. 11	18:00 - 20:00	Estructuras Electricas, Mari=	
		nas, Cimbras. y otras.	
		Aplicaciones.	Ing. Francisco Robles Fernández
	20:00 - 21:00	Usos Arquitectonicos	Arq. Lorenzo Carrasco
Mar. 13	18:00 - 21:00	La madera en la construcción-	
		de viviendas.	Ing. José H. Osio S.
			Arq. Lorenzo Carrasco
Mar. 18	18:00 - 21:00	La madera en la construcción-	
		de viviendas.	Ing. José Osio S.
			Arq. Lorenzo Carrasco
Mar. 20	18:00 - 18:30	Diseño criterio general	
	18:30 - 17:30	Conectores en todas sus moda-	
		lidades	Ing. Francisco Robles
	17:30 - 21:00	Madera Laminada	Ing. Francisco Robles
Mar. 25	18:00 - 20:00	Piezas enterizas y tableros	
		Elementos combinados	Ing. Francisco Robles
	20:00 - 21:00	Cimbras y obra falsa.	Ing. Francisco Robles

FECHA	DURACION	TEMA	PROFESOR
Abr. 1°	18:00 - 21:00	Armaduras	Ing. José H. Osio S.
Abr. 3	18:00 - 21:00	Bovedas.- Arcos y Cúpulas	Ing. Federico Martínez de Hoyos
Abr. 8	18:00 - 19:30 19:30 - 21:00	Construcción.- Especificaciones. Adquisición, transporte y manejo	Ing. Federico Martínez de Hoyos Ing. Federico Martínez de Hoyos
Abr. 10	18:00 - 19:00 19:00 - 21:00	Maquinaria para madera Maniobras y montaje	Ing. Federico Martínez de Hoyos Ing. Federico Martínez de Hoyos
Abr. 15	18:00 - 20:00 20:00 - 21:00	Inspección Supervisión	Ing. Carlos Yapur Ing. Federico Martínez de Hoyos
Abr. 17	18:00 - 21:00	Mesa Redonda	



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PROYECTO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE
MADERA

Recursos Forestales de México

Ing. Federico Martínez de Hoyos

DIRECCION GENERAL DEL INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIONES FORESTALES.

METAS Y ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL DEPARTAMENTO
DE PRODUCTOS FORESTALES:

TEMARIO:

1. - ANTECEDENTES.
2. - ORGANIZACION.
3. - RESULTADOS OBTENIDOS.

PONENTE: ING. VICTOR DIAZ GOMEZ EX-DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES. ASESOR TECNICO DE LA SUBSECRETARIA FORESTAL Y DE LA FAUNA.

1 9 7 5 .

DIRECCION GENERAL DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL.

¿QUE ES, QUE HACE Y QUE IMPORTANCIA
TIENE EL
INVENTARIO NACIONAL FORESTAL?

PONENTE ING. y M. S. c.

MIGUEL CABALLERO DE LOYA

SUB-DIRECTOR GENERAL DEL INVEN
TARIO NACIONAL FORESTAL.

MARZO, 1975.

I N D I C E

INTRODUCCION

EL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL

ESTADISTICAS RELEVANTES DEL RECURSO FORESTAL NACIONAL

UTILIDAD DEL I.N.F. EN LA PLANIFICACION DEL SECTOR FORESTAL

INTRODUCCION

La República Mexicana, en sus prácticamente dos millones de kilómetros cuadrados de extensión superficial, está cubierta por múltiples tipos de vegetación forestal. Sobre su suelo, y de acuerdo con condiciones ecológicas regionales, confluyen bosques y selvas de muy diversas clases, así como vegetación característica de zonas áridas, de litorales, de sabanas y otras. Las masas arboladas existentes en las zonas montañosas contienen árboles de coníferas de gran demanda, como pinos (Pinus spp.), oyameles (Abies spp.), y cedros blancos (Cupressus spp.). En las planicies selváticas del sureste del país desarrollan especies de alto valor comercial, como son la "caoba" - - (Swietenia spp.); el "cedro rojo" (Cedrela spp.); la "rosa morada" (Tabebuia spp.); la "primavera" (Cibistax spp.); el "granadillo" (Platymiscium spp.), - etc.

No obstante el enorme valor potencial que tienen los macizos arbolados del país, su aprovechamiento ha sido a la fecha muy limitado. Los anuarios de la producción forestal de México revelan que en el período 1962-1972, la producción forestal anual ha estado restringida a un valor medio de 1 265 millones de pesos. El promedio de la producción maderable anual en ese mismo período, ha sido de únicamente 5 065 894³ rollos, lo que representa un valor que está muy por debajo de la potencialidad productiva de los bosques del país.

Se considera que son varios los factores responsables de la limitada participación que a través del tiempo, ha tenido el recurso forestal en la actividad económica nacional. Para citar algunos, se pueden señalar los siguientes: legislación inapropiada, inseguridad en la inversión, falta de infraestructura, dificultad para la consecución de autorizaciones de aprovechamiento, etc. Sin embargo, uno de los factores más importantes ha sido, sin lugar a dudas, el desconocimiento que existe sobre la magnitud del recurso fo

restal, particularmente, de su extensión superficial, su distribución, su composición y sus existencias maderables.

Este problema, en el pasado, se fue haciendo cada vez más ingente - con el correr de los años, hasta que en 1960, el Gobierno Federal Mexicano solicitó la cooperación del Fondo Especial de las Naciones Unidas para la conducción del Inventario Forestal Nacional. Así, el año siguiente se formalizó el Acuerdo Básico sobre Asistencia del Fondo Especial, firmándose subsecuente mente, el Plan de Operaciones.

De esta manera, poco después, el país habría de iniciarse en la importante aventura de cuantificar la magnitud de su recurso forestal. Esta tarea, como era de esperarse, presentó serios tropiezos en su primera etapa. - La falta de una infraestructura de trabajo apropiada motivó los primeros obstáculos. Se carecía de personal técnico con especialización en la rama de inventarios forestales; la cartografía existente era sumamente deficiente; no - se tenía aún experiencia en el empleo de la computación electrónica para manejar y procesar grandes cantidades de datos de campo; se desconocían cuáles - eran los procedimientos de muestreo que resultarían más apropiados a las condiciones forestales del país; existía inseguridad en cuanto al tipo y número de mediciones que deberían efectuarse en el bosque, etc. Complementariamente, se carecía también del equipo especializado que se emplea rutinariamente en - este tipo de trabajos.

El auxilio técnico y material que proporcionó la FAO, así como la - gran responsabilidad, superada a base de laboriosidad y estudio, por parte de los dasónomos mexicanos sobre los cuales recayó el peso de la gran tarea, permitió librar exitosamente la primera etapa. La fase de iniciación del inventario forestal de México quedó adscrita al Departamento de Fotogrametría e Inventarios del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, en tanto duró el convenio de la República Mexicana con la FAO.

En el año de 1965, el Gobierno Federal Mexicano quedó enteramente a cargo del proyecto, creándose para el objeto, la Dirección General del Inventario Nacional Forestal, adscrita a la Subsecretaría Forestal y de la Fauna, S.A.G. A partir de esa fecha, esta dependencia ha venido desarrollando tan relevante actividad, cada vez con mayor proyección y bajo una dinámica creciente. En las páginas subsiguientes, se describen los trabajos más importantes que desarrolla la referida institución. Asimismo se destaca la importancia de sus resultados para la planificación del aprovechamiento, la protección y el fomento de las áreas forestales del país, en beneficio de la población rural que las habita.

ES CERRADO

EL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL

La Dirección General del Inventario Nacional Forestal fue creada, - en principio, para la evaluación del recurso forestal del país. Posteriormente se ha agregado, a sus metas, la conducción del Catastro de las áreas arboladas, así como la creación de un servicio para la captación, el procesamiento y la divulgación de estadísticas relativas a la actividad forestal.

Para satisfacer las metas descritas, la referida institución lleva a cabo los siguientes programas de trabajo:

Inventario Forestal Convencional
Inventario Forestal Continuo
Catastro y División Predial Forestales
Banco de Información

A continuación se procede a destacar alguna información relevante - de cada uno de esos programas.

Inventario Forestal Convencional

Objetivos

A través del Inventario Forestal Convencional se persiguen los objetivos a continuación:

1. La cuantificación de la superficie arbolada del país, desglosada a nivel regional y de acuerdo a los tipos de estratos más importantes.
2. La evaluación de las existencias maderables (volúmenes) que poseen los bosques y selvas en sus diferentes condiciones y

modalidades.

3. La estimación del ritmo de crecimiento que experimentan los bosques.
4. El conocimiento de los problemas que afectan a las masas arboladas, y la cuantificación del daño que ejercen los agentes adversos a los mismos.
5. Formular recomendaciones en base a los datos obtenidos, en tal forma de generar proyectos de industrialización de los recursos forestales.

Metodologías

Existen dos tipos de metodologías que se aplican en este programa. La primera tiene que ver con la obtención de estadísticas relativas a las masas arboladas de cada entidad federativa. La segunda, con la elaboración del mapa forestal correspondiente.

Con respecto al primer caso, esto es, la estimación de parámetros forestales, los procedimientos de trabajo que se aplican, están constituidos de 4 fases fundamentales:

- I Planeación
- II Captación de los datos de campo
- III Procesamiento
- IV Interpretación de los resultados y elaboración de la memoria

La planeación tiene por objeto recabar los materiales y la información preliminar que se requiere para el estudio, así como la preparación del proyecto de trabajo, el cual especifica las actividades a desarrollar y programa los tiempos en que se pretenden efectuar. Concluida la planeación, se

inicia la segunda fase (captación de datos), que consiste en la obtención de las mediciones y observaciones de las poblaciones arboladas por estudiarse, a través de procedimientos de muestreo. Tales trabajos están a cargo del Departamento de Actividades de Campo, el que, para el efecto, dispone de brigadas que se ven en la necesidad de recorrer los bosques y las selvas de cada estado.

Los datos, recabados en tarjetas de computación especialmente diseñadas para el registro, son concentrados en el Departamento de Estadística y Procesamiento de Datos. Allí se someten a un proceso de cómputo electrónico que conduce a la obtención de los resultados finales. Dichos resultados se analizan, después, minuciosamente, y una vez interpretados en su significación actual y potencial, se plasman en una memoria final, que se imprime y se divulga a todos los sectores de la nación interesados en la información resultante.

Elaboración de Planos Forestales

En forma mancomunada a la serie de cálculos y estimaciones numéricas que realiza el Departamento de Cálculo y Estadística, los Departamentos de Cartografía Forestal y de Presentación de Resultados, se encargan de elaborar el mapa forestal de cada entidad estudiada.

Las principales actividades involucradas en la construcción de un mapa forestal son las siguientes:

1. Construcción o adopción de un Mapa Base - Aunque en el pasado se construían mapas base por el procedimiento de triangulación radial mecánica, en la actualidad, dada la existencia de material cartográfico elaborado por otras dependencias se ha optado por emplear estos materiales.

2. Fotointerpretación - Consiste en delimitar, sobre pares fotográficos estereoscópicos, aquellas porciones de masas arboladas que presentan una o más características en común, - previamente establecidas.
3. Restitución - Tiene por objeto transferir la fotointerpretación al Mapa Base. Para ello se emplean aparatos especiales, denominados restituidores y rectificadores fotogramétricos. En la misma forma, se transfiere también la información referente a localización de poblados, ríos, caminos y accidentes topográficos notables.
4. Medición de Superficies - El procedimiento consiste en el conteo de puntos en copias punteadas de las hojas de la proyección transversa de Mercator, a escala 1:50 000.
5. Elaboración del Mapa Forestal Definitivo - Se refiere al trazo del mapa forestal final para efectos de publicación. Esta actividad se lleva a cabo en el Departamento de Presentación de Resultados.

Resultados por obtener

Algunos de los resultados que para cada entidad federativa se obtienen dentro del programa de Inventario Forestal Convencional, son los siguientes:

1. Superficie forestal y arbolada (ha), desglosada por estrato.
2. Existencias volumétricas (m^3), por estrato y por región geográfica.

Estas existencias volumétricas desglosan separadamente las

estadísticas que corresponden al arbolado de coníferas del de latifoliadas (separando a nivel de grupo botánico, y en algunos casos, de especie).

3. Crecimiento volumétrico (m^3) de coníferas en los estratos más importantes a nivel regional.

Avances

Dentro de este programa, se han concluido los estudios relativos a la magnitud del recurso forestal de los 19 estados siguientes: Sonora, Chihuahua, Durango, Baja California Norte, Baja California Sur, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Colima, Zacatecas, Aguascalientes, Guerrero, México, Distrito Federal, Tlaxcala, Chiapas, Quintana Roo, y Morelos.

El proyecto de trabajo para este año, contempla la conclusión del inventario forestal de Querétaro, Guanajuato, Hidalgo, Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, Coahuila y Nuevo León. Para el año próximo se pretende concluir la cuantificación forestal de Tamaulipas, Campeche, Veracruz, Tabasco y Yucatán.

De esta manera, sería posible contar con el conocimiento de la magnitud forestal de la nación al término de la presente administración pública.

Inventario Forestal Continuo (IFC)

Objetivos

El Inventario Forestal Continuo es un programa reciente que tiene como objetivo, el conocimiento preciso de los cambios que, a través del tiempo, ocurren dentro de las áreas arboladas, así como de los fenómenos o facto

res que ocasionan tales cambios.

Metodologías

Los procedimientos de trabajo que se emplean dentro de este programa son muy semejantes a los que se mencionaron para el Inventario Forestal Convencional, con las siguientes variantes:

1. Los sitios de muestreo en el campo se establecen con la suposición de que se continuarán estudiando permanentemente - en el futuro, mediante remediciones cíclicas (por ejemplo, cada 5 años).
2. Las mediciones y observaciones de campo son numerosas, y se efectúan con gran acuciosidad.
3. Los resultados que se obtienen proporcionan información de gran utilidad para la proyección de la utilización industrial de la madera en pie existente en los bosques.
4. Los datos de campo se someten a elaborados procesamientos de computación electrónica.

Resultados por obtener

El Inventario Forestal Continuo representa una concepción moderna en el campo de la cuantificación silvícola. Los resultados que habrán de derivar de su aplicación, conducirán hacia una comprensión más clara y objetiva de lo que ocurre dentro de los bosques y las razones del por qué de su ocurrencia. En esta forma, se contará con la información que se requiere para manejar con mayor racionalidad el recurso forestal, obteniendo del mismo, la óptima rentabilidad, sin menoscabo de su producción futura.

Entre los resultados más importantes que se obtienen a través de la aplicación del Inventario Forestal Continuo, se pueden citar los siguientes:

1. Estimación confiable y precisa del crecimiento periódico neto; volúmenes maderables que se pierden por mortandad natural, por aprovechamientos autorizados, por extracciones ilegales y por agentes perturbadores (incendios, plagas, enfermedades, ciclones, etc.).
2. Cuantía de la incorporación (frecuencia y volumen del arbolado que, por crecimiento natural, alcanza dimensiones comerciales).
3. Cambios que en estructura y composición, experimentan los bosques y las selvas a través del tiempo.

Avances

Las actividades del IFC se iniciaron en el año de 1972, en las áreas arboladas no concesionadas del estado de Chihuahua. A la fecha, después de estos tres primeros años de labores, se han trabajado, prácticamente, un millón y medio de hectáreas arboladas. Sobre esta superficie se han establecido 2 900 sitios, como muestra permanente para detectar, en el futuro, las modificaciones que habrán de experimentar esas masas arboladas.

Catastro y División Predial Forestales

Es evidente que en varias zonas arboladas del país, importantes extensiones forestales han estado marginadas de la producción por desconocimiento y ambigüedades existentes en materia de tenencia de la tierra. La necesidad de superar este problema, motivó la creación del Programa de Catastro y -

División Predial Forestales en la Dirección General del Inventario Nacional Forestal.

Objetivos

Los objetivos del programa de referencia son:

1. Elaborar mapas en los que se establezcan los límites y la ubicación de los diferentes predios arbolados de cada entidad federativa.
2. Obtener la siguiente información básica de cada uno de los predios delimitados:
 - 2.1 Tipo de tenencia
 - 2.2 Nombre del propietario (en los casos de tenencia particular)
 - 2.3 Superficie del predio
 - 2.4 Condiciones de uso
 - 2.5 Información relevante sobre el recurso forestal existente.

Metodologías

Para la conducción de los trabajos relativos a este programa, se ha preparado personal de campo para desarrollar las siguientes actividades:

1. Recorrer, en compañía de nativos de la región, los montes de la misma, reconociendo en ese recorrido, sobre el propio terreno, las mojoneras de los predios allí existentes.

2. Ubicación del predio en fotografías aéreas, escala 1:50 000.
3. Elaboración de un diagrama donde se ubica la forma, las características y la localización del predio.
4. Obtención de información general de cada predio, como es: - nombre del poseedor, superficie, uso de suelo, etc.

La información anterior se maneja a través de procedimientos cartográficos, hasta concluir en la presentación de planos forestales, escala 1:50 000, en los cuales se delimitan los predios de cada región trabajada. Asimismo, se elabora la relación "catastral" que corresponde a la zona considerada.

Resultados por obtener

Los resultados que se derivan de este programa son la obtención de los mapas de división predial y los listados catastrales correspondientes a cada una de las regiones arboladas del país.

Este programa, al igual que el de Inventario Forestal Continuo, se inició y se lleva a cabo en el estado de Chihuahua, pero en breve se proyecta llevar los trabajos a otras entidades federativas.

Avances

En este programa, de reciente creación, únicamente se ha trabajado parte del estado de Chihuahua. A la fecha, se cuenta con información predial que corresponde a 2 183 786ha, localizadas fundamentalmente en la porción sur de la entidad.

Banco de Información Forestal

Evidentemente uno de los problemas más graves que confronta el México de hoy como todo país en proceso de desarrollo, es la escasez de estadísticas o la deficiencia que presentan las existencias. El problema puede considerarse aún más agudo en algunas áreas de actividad, como es típicamente el caso del sector forestal.

La ingente necesidad de contar con información cuantitativa que reclaman la silvicultura, la industria, el comercio y la administración forestales, estimuló la creación, en el año de 1972, del Banco Nacional de Información Forestal, por la Dirección General del Inventario Nacional Forestal.

Objetivos

Los objetivos del referido Banco son:

- (I) La obtención de información continua y actualizada sobre la actividad forestal nacional.
- (II) La difusión ágil y oportuna de las estadísticas elaboradas.

Metodologías

Para la consecución de los objetivos previamente mencionados, se desarrollan procedimientos de trabajo que pretenden captar todos aquellos datos que conduzcan a la obtención, por medio de sistemas modernos de computación electrónica, de las estadísticas relevantes del país, tanto en materia de aprovechamiento, como de protección y de reforestación de las áreas forestales, así como de exportación, importación, mercadeo, etc. de los productos

forestales. Para el efecto, se trabaja en la creación del sistema y su consiguiente implementación, de los proyectos siguientes:

- (a) Catálogo de Aprovechamientos Forestales
- (b) Padrón de la Actividad Forestal
- (c) Catálogo de Predios Forestales
- (d) Catálogo de Especies Forestales
- (e) Padrón de la Industria Forestal
- (f) Catálogo de Productos Forestales
- (g) Catálogo de Maquinaria y Equipo de la Industria Forestal
- (h) Protección de la Vegetación Forestal

Resultados por obtener

Considerando que cada uno de los proyectos descritos habrá de proporcionar múltiples resultados, sería difícil enumerar en esta ponencia todos y cada uno de ellos. Para dar simplemente una idea, el catálogo de aprovechamientos forestales proporcionará, a nivel de entidad federativa, importante información de las unidades y empresas forestales que en alguna forma aprovechan el recurso forestal. Se darán datos, entre otros, de los permisionarios, de la cantidad de productos forestales que se extraen, de las fechas de los aprovechamientos, etc.

Los interesados en el programa pueden recurrir al Inventario Nacional Forestal para obtener mayor información.

Avances

Por el hecho de que los sistemas que se requieren están aún en pro
ceso de implementación, no se cuenta todavía con resultados.

ESTADISTICAS RELEVANTES DEL RECURSO FORESTAL NACIONAL

En apoyo a los resultados que se han obtenido para las 19 entidades federativas cuya cuantificación forestal ha quedado concluida, y tomando también, como base las estadísticas generales que han resultado de vuelos de reconocimiento, sobre los estados que aún no se han estudiado, se ha estimado que 69.98 millones de hectáreas, esto es el 45.90% de la superficie total del país, pueden conceptuarse como forestales. Sin embargo, de la cifra anterior, tan sólo 44.70 millones de hectáreas, o sea el 49.68% de la superficie forestal total puede considerarse como arbolada.

De la superficie arbolada total de la nación, se puede decir que un poco más de la mitad, 24.10 millones de hectáreas (53.91%), corresponden a "bosque", y el 46.09% restante (20.60 millones de hectáreas), están constituidas por vegetación de "selvas".

Dentro de los bosques y selvas del país, se ha estimado que existen alrededor de 3 334 millones de m³ de madera en pie, de los que 1 813 millones se localizan dentro de bosques y 1 521 millones dentro de selvas.

La incorporación de madera que se registra en los macizos arbolados de coníferas, debido al crecimiento natural de los árboles, ha llevado a calcular un incremento volumétrico anual de coníferas para el país, del orden de 24.7 millones de m³ de madera en rollo.

Las estadísticas anteriores ponen de manifiesto que el recurso forestal de México es, indudablemente, una importante fuente potencial de trabajo y de producción. Tal recurso, debidamente planificado y manejado dentro de los lineamientos que marca la silvicultura, permitiría generar múltiples empleos en el medio rural, satisfacer la creciente demanda de materias primas derivadas del árbol e incorporar fuertes divisas a la economía del país, como lo han hecho varios países europeos, no obstante que poseen re-

○ cursos arbolados mucho más modesto que los existentes en la República Mexicana.

UTILIDAD DEL I.N.F. EN LA PLANIFICACION DEL SECTOR FORESTAL.

La creación de la Dirección General del Inventario Nacional Forestal, a partir del año de 1965, llegó a satisfacer una importante demanda de información que el país, cada vez en mayor grado, había venido re--clamando.

Los resultados de la magnitud del recurso forestal que esta dependencia ha obtenido a través del tiempo, han servido de base para delinear políticas que conducen hacia el mayor aprovechamiento del recurso. - En esta forma se están incorporando a la producción, superficies boscosas que durante mucho tiempo estuvieron ociosas, caracterizadas por una gran cantidad de arbolado que se perdía por efecto de mortandad natural, de - plagas, incendios o enfermedades, sin acarrear beneficio alguno a los moradores del bosque. Para citar algunos ejemplos de dicha política, el - Gobierno Federal y los Gobiernos de algunos estados se han apoyado en los resultados de esta dependencia para crear algunos organismos descentralizados, como son: Productos Forestales Mexicanos (PROFORMEX) en Durango; Vicente Guerrero en Guerrero; Protectora e Industrializadora de los Bos--ques (PROTINBOS) en México; Productos Forestales de la Tarahumara (PROFOR TARAH) en Chihuahua y Aprovechamientos Forestales de Nayarit (APPROFON) en la entidad de este nombre.

La Subsecretaría Forestal y de la Fauna, a través de la Dirección para el Desarrollo Forestal, lleva a la práctica un importante pro--grama de proyección nacional, cuya finalidad es, en primer término, el me--joramiento social y económico de la población rural que habita los bosques y selvas del país. El segundo objetivo es abastecer la demanda deficitaria, cada vez en expansión, de los derivados del árbol; particularmente - de celulosa, papel, cartón y productos aserrados. Para el efecto, aquella institución trabaja en la implementación de proyectos regionales que

abarcaban, prácticamente, la totalidad de las entidades federativas. Los resultados que el Inventario Nacional Forestal ha aportado de cada uno de los estados de la República, han constituido la información básica que la Dirección para el Desarrollo Forestal ha empleado en la elaboración de modelos de desarrollo rural para las regiones estudiadas. A la fecha, la Subsecretaría Forestal y de la Fauna, a través de esa Dirección, ha promovido cinco importantes proyectos regionales (PROFORMEX; Selva Lacandona, PROTINSOS, Atenquique y Puebla) para el establecimiento de varios tipos de industrias dedicadas a la producción de papel, aserrío, triplay, tableros, celulósicos y aglomerados, fundamentalmente. El monto de la inversión se ha estimado en 1 925 millones de pesos, calculándose que se generarán 5 100 empleos.

Los resultados y materiales que produce el Inventario Nacional Forestal también han sido de utilidad en la adopción de criterios para la protección del recurso forestal. Los planes forestales que emite esta dependencia delimitan los diferentes tipos de estratos, al igual que las superficies desprovistas de arbolado. Tal información ha sido empleada por unidades forestales y organismos descentralizados, pero muy especialmente, por la Dirección General de Protección y Repoblación Forestales, así como por las delegaciones forestales estatales, para programar los trabajos anuales de reforestación.

La información ecológica-silvícola que se obtiene al concluir el procesamiento electrónico de los datos de campo, describe el estado de sanidad de los montes e indica cuáles son los perturbadores más importantes en cada región estudiada. A través de este conocimiento se han formulado también, líneas de acción para el control y combate de incendios forestales, de importantes plagas, así como de enfermedades.

Otro aspecto importante dentro de la planeación de la actividad forestal donde el Inventario Nacional Forestal colabora directamente, es

en el importante renglón de recreación. Sobre el particular, se ha auxiliado al Departamento de Parques Nacionales de la Dirección General de Protección y Repoblación Forestales en la elaboración de planos de varios de los parques nacionales más frecuentados de la nación. En la misma forma, y con apoyo en fotografías aéreas, se ha colaborado con esa Dirección y con el Gobierno del estado de Chiapas, para la delimitación de áreas prospectivas para la creación de nuevos parques en la Selva Lacandona. Se considera que esta labor habrá de proyectarse para el resto de entidades federativas en lo futuro, a fin de satisfacer la demanda creciente de áreas recreativas para un México cada vez más convulsionado por el vertiginoso crecimiento de los centros urbanos.

Los conceptos anteriores solamente ejemplifican algunos de los múltiples usos a que se someten los resultados, planos y materiales que produce el Inventario Nacional Forestal. Sería impráctico, por razones de tiempo y de espacio, el enumerar, en una ponencia de esta naturaleza, a través de una relación exhaustiva, todas las situaciones en que esta institución ha coadyuvado, en alguna forma, a la planificación rural del país. El flujo continuo de información hacia funcionarios del sector público, empresarios, inversionistas, directores técnicos de unidades forestales y de organismos públicos, investigadores, estudiantes, consultores, etc., refleja el interés que existe en el país hacia esa información.

Es indudable que la máxima aportación de este centro de trabajo ocurrirá en un futuro cercano, una vez que los programas "Banco de Información"; "Inventario Forestal Continuo"; y "Catastro y División Predial Forestales" entren a una fase de actividad más intensiva. Las estadísticas que aportará el Banco de Información, ligada a las estimaciones del Inventario Continuo, los mapas prediales, y las relaciones catastrales por elaborarse, ofrecerán una amplia diversidad de cifras y de elementos informativos de valor insustituible para una administración, aprovechamiento, -

protección y fomento óptimos del recurso. Solamente con estos minuciosos y confiables antecedentes podrá efectuarse una adecuada planificación del sector forestal, con miras, por encima de todo, al mejoramiento y -- creación de fuentes de trabajo para la población rural que tradicionalmente deprimida, ha habitado las que aún son inaccesibles y aisladas regiones forestales del país.



SUBSECRETARÍA FORESTAL Y DE LA FAUNA
DIRECCIÓN GENERAL DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA REPÚBLICA MEXICANA

Noviembre de 1974

TIPO DE EST (1)	AÑO (2)	ENTIDAD FEDERATIVA (3)	SUPERFICIES (ha)						VOLUMEN (m³)				INCREMENTO TOTAL DE CONIFERAS (m³) (11)
			TOTAL DE LA ENTIDAD (4)	TOTAL ESTUDIADO (5)	FORESTAL (6)	ARBOLEDADA			BOSQUE (9)	SELVA (10)	TOTAL		
						BOSQUE (7)	SFLVA (8)	TOTAL					
B	1969	AGUASCALIENTES	541,175 A	541,175 A	221,600 A	10,500	---	10,500	630,000 C	---	630,000	3,196 B	
A	1966	BAJA CALIFORNIA	7,162,750 B	605,317 B	491,479	86,550	---	86,550	8,076,778 B	---	8,076,778	51,782 A	
B	1968	BAJA CALIFORNIA SUR	7,246,500 B	1,192,500 F	1,153,500 A	61,000	79,000 D	140,000	3,527,000 C	3,160,000 B	6,687,000	45,908 B	
C	1973	CAMPECHE	5,522,750 B	5,522,750 A	3,367,102	---	2,929,252 A	2,929,252	---	270,883,140 B	270,883,140	---	
C	1974	COAHUILA	15,041,250 B	15,041,250 A	11,868,910 A	645,010	---	645,010	25,800,400 C	---	25,800,400	196,341 B	
B	1969	COLIMA	540,950 A	540,950 A	317,575 A	29,025	229,275 B	258,300	2,325,000 C	11,816,500 B	14,141,500	165 A	
A	1973	CHIAPAS	7,429,500 B	7,287,075 B	6,200,775	1,491,075	1,484,275 A	4,329,375	130,211,192 A	255,804,048 A	569,941,280	715,953 A	
A	1965	CHIHUAHUA	24,532,500 B	8,375,143 B	7,642,892	4,214,556	1,354,025 A	4,214,556	230,524,000 B	183,852,040 B	230,524,000	3,749,500 A	
A	1973	DISTRITO FEDERAL	Esta incluido en el Estado de México										
A	1965	DURANGO	12,325,000 B	6,880,950 B	6,182,725	3,943,300	---	3,943,300	245,273,000 B	---	245,273,000	6,283,000 A	
C	1974	GUANAJUATO	3,050,250 B	3,050,250 A	1,878,385 A	259,210	75,785 D	334,995	12,834,450 C	1,894,625 D	14,723,075	123,300 B	
A	1972	GUERRERO { Reg montañosa Reg costero	6,442,750 B	2,231,254 B	2,118,389	1,255,646	---	1,255,646	189,155,149 A	---	189,155,149	1,502,613 A	
B	1972		---	1,508,875 C	805,025	---	438,475 B	438,475	---	27,197,250 B	27,197,250	---	
C	1973	HIDALGO	2,078,750 B	2,078,750 A	2,078,750 A	692,919	385,478 A	1,078,397	72,200,310 C	32,957,870 B	105,158,180	247,439 J	
A	1968	JALISCO { Reg montañosa Reg costero	8,102,250 B	3,102,456 B	2,448,108	1,304,420	---	1,304,420	102,006,420 A	---	102,006,420	1,256,722 A	
B	1968		---	1,158,300 C	1,001,750	401,400	133,325 C	534,725	33,142,500 C	10,666,000 B	43,808,500	154,683 A	
A	1973	MEXICO Y D.F.	2,263,750 B	1,597,572 B	994,936	553,856	---	553,856	77,978,475 A	---	77,978,475	1,848,273 A	
A	1965	MICHOACAN (Comisión Forestal del Estado)	6,008,250 B	2,173,102 B	1,448,425	914,174	---	914,174	117,864,905	---	117,864,905	2,896,801	
A	1973	MORELOS	498,000 A	458,000 A	334,350	41,675	109,725 D	151,400	4,929,750 A	1,925,110 A	6,854,860	149,803 A	
A	1967	NAYARIT { Reg montañosa Reg costero	2,692,000 B	1,479,984 B	1,326,784	663,412	---	663,412	29,909,622 A	---	29,909,622	201,769 A	
D	1965		---	1,212,016 C	1,212,016	51,374	439,745 B	491,119	2,300,580 C	23,766,920 B	26,067,500	33,649 B	
D	1967	NUEVO LEON	6,483,750 B	774,500 D	774,500	355,501	41,500 D	397,001	21,330,060 C	2,075,000 B	23,405,060	67,041 B	
C	1973	OAXACA	9,404,250 B	9,404,250 A	5,391,130 A	3,005,830	2,120,380 B	5,126,210	317,102,600 C	122,830,900 B	439,933,500	2,809,994 B	
C	1974	PUERLA	3,375,500 B	3,375,500 A	2,411,419 A	605,189	717,531 B	1,322,780	37,896,726 C	19,050,430 B	57,947,156	739,956 J	
C	1974	QUERETARO	1,140,750 B	1,140,750 A	834,713 A	271,305	34,732 D	306,037	13,126,790 C	868,300 B	13,995,090	113,729 B	
A	1969	QUINTANA ROO { Reg Camilita Reg del toro	4,049,000 B	444,908 C	362,630	---	362,630 B	362,630	---	35,078,140 A	35,078,140	---	
A	1974		---	3,357,275	2,937,800	---	2,452,750 A	2,452,750	---	215,707,236 B	215,707,236	---	
C	1974	SAN LUIS POTOSI	6,318,750 B	6,318,750 A	4,996,608 A	689,775	280,932 A	970,707	34,434,990 C	8,826,285 B	43,261,275	242,544 A	
A	1968	SINALOA { Reg montañosa Reg costero	5,854,650 B	1,794,226 B	1,663,964	844,504	---	844,504	11,523,865 A	---	11,523,865	194,006 A	
D	1965		---	4,060,424 C	2,305,000	---	1,316,000 D	1,316,000	---	43,580,000 B	43,580,000	---	
A	1965	SONORA	18,212,250 B	2,699,069 B	2,690,003	604,320	---	604,320	28,058,000 B	---	28,058,000	515,200 A	
D	1966	TABASCO	2,532,750 B	1,361,000 C	1,361,000 C	---	375,063 C	375,063	---	26,254,410 B	26,254,410	---	
D	1966	TAMAULIPAS	7,959,500 B	7,959,500 A	3,654,600	343,326	1,662,725 B	2,006,051	24,022,820 C	83,136,250 B	107,169,070	68,844 B	
A	1973	TLAXCALA	402,700 B	320,875 B	172,375	59,000	---	59,000	10,663,939 A	---	10,663,939	292,950 A	
D	1966	VERACRUZ	7,147,000 B	7,147,000 A	3,598,600	284,925	1,085,863 A	1,370,788	19,944,750 C	65,151,780 B	85,096,530	161,155 B	
C	1974	YUCATAN	4,395,000 B	4,395,000 A	2,638,400 A	---	2,509,855 B	2,509,855	---	73,924,150 B	73,924,150	---	
A	1972	ZACATECAS	7,362,750 B	1,535,466 B	1,098,672	398,728	---	398,728	6,269,534 A	---	6,269,534	75,193 A	
T O T A L E S			196,115,975 ha	122,163,764 ha	89,975,390 ha	24,081,505 ha	20,618,381 ha	44,699,886 ha	1,813,147,605 m³	1,521,206,384 m³	3,334,353,993 m³	24,772,095 m³	

(1) Observaciones al reverso

S.A.G. - SUBSECRETARIA FORESTAL Y DE LA FAUNA
DIRECCION GENERAL DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA REPUBLICA MEXICANA

OBSERVACIONES

(1) TIPO DE ESTUDIO

- A. Estudios aerofotogramétricos complementados con muestreo de campo.
- B. Reconocimientos aéreos intensivos (en helicóptero) y observaciones terrestres.
- C. Reconocimientos aéreos de gran visión y modificaciones posteriores, con base en informaciones más recientes (bibliográficas y de campo)
- D. Reconocimientos aéreos de gran visión.

(2) AÑO: A partir del cual se tuvo disponible la información.

(3) ENTIDAD FEDERATIVA

La información correspondiente a algunas entidades se ha dividido en dos conceptos, debido a que en dichas entidades sus estudios han sido hechos con diferentes grados de confiabilidad.

(4) SUPERFICIE TOTAL DE LA ENTIDAD

- A. Superficies resultantes del estudio de toda la entidad, realizado por el Inventario Nacional Forestal y determinadas sobre cartas escala 1:100,000.
- B. Superficies obtenidas con planímetro sobre cartas escala 1:500,000 de la Comisión Intersecretarial Coordinadora del Levantamiento de la Carta Geográfica de la República Mexicana.

(5) SUPERFICIE TOTAL ESTUDIADA

- A. Es igual a la superficie de la entidad, debido a que ésta se estudió en su totalidad por el o los tipos de estudio que se mencionan.
- B. Aplicable exclusivamente a áreas de bosques de climas templado y frío.
- C. Aplicable exclusivamente a áreas de selvas de climas cálidos-húmedos.
- D. El estudio se refiere en general a las áreas forestales, con excepción de superficies áridas y semiáridas.
- E. Comprende la parte restante de la superficie total de la entidad.
- F. Estudio Regional.

(6) SUPERFICIE FORESTAL

- A. Incluye zonas áridas y semiáridas.

SUPERFICIE ARBOLADA

(7) BOSQUE:

Incluye bosques de coníferas y latifoliadas.

(8) SELVAS:

- A. Comprende selvas altas, medianas y bajas
- B. Incluye selvas medianas y bajas
- C. Se refiere exclusivamente a selvas medianas
- D. Únicamente selvas bajas.

VOLUMENES

(9) BOSQUES:

- A. De coníferas y latifoliadas, obtenidos por el I.N.F.
- B. De coníferas, obtenidos por el I.N.F.
- C. Valores estimados empleando los resultados obtenidos en inventarios forestales concluidos, de otras entidades federales cuya vegetación es semejante (coníferas y latifoliadas).

(10) SELVAS:

- A. Resultados obtenidos por el I.N.F.
- B. Estimados, empleando los resultados obtenidos en inventarios forestales concluidos, de otras entidades federales cuya vegetación es semejante.

(11) INCREMENTO TOTAL DE CONIFERAS:

- A. Resultados obtenidos por el I.N.F.
- B. Estimados, empleando los resultados obtenidos en inventarios forestales concluidos, de otras entidades federales cuya vegetación es semejante.

RECURSOS FORESTALES DE MEXICO

PROYECTOS OFICIALES.

✓ Los bosques y selvas representan una base importante como fuente de materia prima para la industria maderera y celulósica; para evitar la erosión de los suelos y regular el escurrimiento de las aguas e influenciar el nivel de las aguas en el subsuelo de los valles; para filtrar el aire y generar oxígeno; para proteger los manantiales y cauces acuíferos; como defensa de las presas contra las acumulaciones de sedimentos y para generar ocupación e ingresos a través del aprovechamiento forestal y el uso múltiple de los bosques.

Las decisiones de los distintos grupos de influencia que han intervenido en el desenvolvimiento económico del país, han repercutido en el uso de los bosques y en el destino de la actividad forestal.

Durante el período de 1940 a 1970, el país cambia y crece y de la etapa de expansión del producto agrícola, de los efectos de la Reforma Agraria y las obras de infraestructura, se pasa a la etapa de "crecimiento hacia dentro" a base de sustituir importaciones de bienes industriales a través de un rápido proceso de industrialización, de endeudamiento externo creciente, de la redistribución regresiva del ingreso y del empobrecimiento continuado del sector campesino.

Como resultado de las acciones anteriores la administración forestal se ve ligada a grupos de influencia, dicta políticas restrictivas y aislacionistas, no actúa como organismo promotor y de servicio y sus realizaciones son a base de programas improvisados; se crean el Inventario Nacional Forestal y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. En el desarrollo de la industria forestal el incremento anual de la producción es muy reducido y hay disminución del mismo, se presenta un aumento creciente de las importaciones y un estancamiento en el volumen de las exportaciones; hay un incremento permanente de los precios que compensan el aumento constante de los costos de producción; hay un desajuste entre la calidad del arbolado y el tipo de industrias; se tienen esfuerzos interesantes en la industria del triplay, aglomerados, tableros duros y productos celulósicos.

Grupos
La evaluación de los recursos forestales arroja, a la fecha, los siguientes datos:

15 millones de Ha de coníferas.

3 millones de Ha de latifoliados de zona templada.

11 millones de Ha de latifoliados de zona tropical.

11 millones de Ha de chaparrales.

40 millones de Ha en total

✓ Los rendimientos anuales de los bosques se estiman en:

12 millones de M3 r. aprov. de coníferas.

0.13 millones de M3 r. aprov. de maderas preciosas.

4.4 millones de M3 r. aprov. de latifoliados de áreas templada y tropical.

16.6 aprovechados (equivalentes a 22.2 % total)

En el renglón industrial se tiene la existencia de:

600 aserraderos

18 fábricas de triplay

2 fábricas de chapa

4 fábricas de tableros aglomerados

12 fábricas de cajas clavadas o alambradas

11 molduradoras

6 impregnadoras

23 destiladoras de resina

62 fábricas de celulosa y papel de las que 7 consumen madera.

Considerando las posibilidades socio económicas de los bosques, el Estado ha tomado la decisión de intervenir directamente en el proceso de desarrollo de las zonas forestales, así existen varios organismos forestales descentralizados federales y estatales como APROFON, FORESTAL VTE.GUERRERO, PROFORMEX, PROFORTARAH, - - - PROTINSOS, etc.

En el aprovechamiento de los bosques no existe una atención equilibrada en lo referente a eficiencia industrial, desarrollo rural y atención al bosque.

El uso eficiente del bosque se debe incrementar a través de empresas industriales integradas pudiéndose efectuar un mejor uso de los recursos forestales y - alcanzar niveles de competencia internacional.

Se debe pugnar por la integración del cultivo del bosque con el abastecimiento y la industrialización, la costumbre de tratarlos por separado ha sido de funestas consecuencias: desprecio al bosque, sobre explotaciones, aumento en los costos de la madera, incremento en los precios de venta.

La calidad de los bosques se ha reducido considerablemente por la falta de un plan de regularización o se ha desperdiciado por un mal ajuste entre la calidad del arbolado y el tipo de industria. El 60% de los volúmenes autorizados se destina a productos celulósicos, aprovechándose partes del árbol de especificaciones apropiadas para productos de mayor redituabilidad como chapa, triplay y aserrados. Por otra parte, se desperdician considerables volúmenes de puntas de árboles y materiales de aserradero que podrían usarse por ejem..para celulosa y papel. Las empresas papeleras aprovechan en promedio el 70% del volumen total del árbol, las empresas de aserrío de pino el 60% y las de aserrío de especies tropicales el 45%. La no integración del aprovechamiento forestal representa un costo social elevado.

La Ley Forestal en sus diversos artículos señala la responsabilidad de la Subsecretaría Forestal y de la Fauna, en la planeación, desarrollo y administración de los recursos forestales del país.

47

Analizados los antecedentes concurrentes en la actividad forestal y la necesidad cada vez mayor de hacer frente a las demandas del sector industrial y a las necesidades del país en relación a productos maderables, la disyuntiva fué la implantación de un programa nacional de desarrollo forestal.

Con dicho programa se pretende promover y ordenar el crecimiento de la actividad forestal, dentro de un marco nacional debidamente estructurado. Se busca no tan solo mejorar la situación actual, sino bajo objetivos definidos, buscar progresivamente el mejoramiento del sector e ir definiendo políticas en diversas áreas, atraer nuevas inversiones y dar elementos de juicio para la toma de decisiones mas racionales.

Los objetivos del programa nacional de desarrollo forestal se pueden sintetizar en:

- a) Utilización de los recursos bajo esquemas que permitan un equilibrio socio económico y ecológico asegurando la apertura de fuentes de trabajo, reducción o remedio de la destrucción y satisfacción de la presión de demandas agrícolas.
- b) Elevar el nivel de bienestar y dignidad humana de la población rural obrera.
- c) Asegurar el aprovechamiento permanente del bosque mediante la promoción de la industrialización, la eficiencia a corto y largo plazo, la estabilidad en el suministro de materia prima, la generación de otros empleos a través del uso múltiple del suelo, agro - industrial y posterior transformación de la madera.

En los renglones específicos del bosque - industria se pretende conservar el coeficiente forestal y aumentar la cuantía y calidad de los bosques, aumentar la oferta anual de madera y la producción; mejorar la eficiencia industrial y económica; incrementar el uso de las especies latifoliadas templadas y tropicales; reducir las importaciones y aumentar las exportaciones.

El Programa Nacional de Desarrollo Forestal quedó estructurado originalmente como un mosaico de proyectos regionales, los cuales prácticamente ocupan toda el

área forestal del país.

Con la información resultante de los proyectos regionales elaborados, la terminación de los estudios de mercados nacional e internacional y otra información sobre costos, precios, etc. se sentaron las bases para atacar el proyecto del plan nacional de desarrollo forestal, de acuerdo con las siguientes tareas:

De planificación.— Para enmarcar acciones y proyectos.

Proyectos regionales.— Para impulsar la producción a corto y mediano plazo; para ajustar enfoques sociales, industriales y silvícolas; para optimizar el uso de recursos.

Acciones de apoyo.— Para resolver problemas institucionales; para atender mejor los bosques naturales y generar mayores recursos forestales; para desarrollo de recursos humanos.

Con el fin de tener un desarrollo armónico a nivel nacional de la industria silvícola y sus industrias conexas y que además redunde en un beneficio económico y social para todos aquellos que en ella participan, es imperativo una planificación que contemple todos los aspectos posibles de la industria, desde los recursos hasta los derivados últimos de la misma; mercados; aspectos sociales, etc.

Con el objetivo anterior se viene realizando el diagnóstico de los principales elementos del problema; aspectos sociales; aspectos institucionales; de recursos; de la industria existente y sus productos; de los mercados tanto externos como internos; de las actividades de vinculación entre recursos, industrias y productos; mercados; aspectos sociales e institucionales.

En el renglón específico de la industria y de los productos, elementos íntimamente asociados, el diagnóstico se realiza en forma conjunta abarcando los siguientes aspectos:

Localización de Empresas.— Con la finalidad de determinar cual es la cercanía o lejanía relativa de la industria con respecto al recurso.

Productos Principales.— Para conocer la diversificación de la empresa así como su grado de integración.

Materias Primas Utilizadas.— Para evaluar las necesidades de materias primas de la industria.

Fuentes de Abastecimiento.— Para localizar a dichas fuentes así como para calcular el esfuerzo de las empresas para abastecerse, costo de transporte del material, distancias promedio de flete, etc.

Personal Ocupado.— Estos datos, relacionados con la capacidad de la planta dará idea del grado de modernización de una empresa determinada.

Gastos.— Para conocer las erogaciones de una empresa siendo una de las variables más importantes, cuyo conocimiento permite elaborar tendencias de crecimientos y determinar políticas de expansión.

Realizado el diagnóstico se procede a elaborar los proyectos, mismos que pueden dividirse básicamente en cuatro tipos: sobre recursos; industriales; de mercados; sobre organización; sobre educación y capacitación.

Los proyectos sobre recursos son de diversa índole, hallándose entre los más importantes el análisis nacional de abastecimiento, y los proyectos para fijar de acuerdo a modelos establecidos los derechos de monte, etc.

Los proyectos industriales son los más numerosos, pues en realidad la parte más dinámica del sistema es la industria. Entre éstos se encuentran los de penetración industrial en los cuales se desea realizar la explotación de un recurso no explotado con anterioridad; los de expansión orientados fundamentalmente a las industrias ya establecidas y que por necesidades de mercado deben incrementar su producción; los de integración que permitirán a las empresas completar su estructura.

Los proyectos de mercados se orientan hacia los mercados nacionales y extranjeros, incluyéndose: utilizaciones más comunes de la madera y sus productos derivados con el objeto incentivar sus consumos; necesidades de regeneración de los recursos para recomendar las zonas que tanto por su facilidad de acceso a los mercados como por sus condiciones físicas permitan esperar resultados óptimos; definir normas de calidad de manera que los productos que se puedan exportar sean de la máxima calidad.

Es necesario hacer resaltar la necesidad de contar con datos precisos para los análisis, los cuales deben provenir de trabajos de investigación llevados a cabo por organismos dedicados a esta actividad. Por otra parte es conveniente hacer hincapié en la necesidad que tienen los organismos investigadores de la alimentación de datos provenientes de trabajos a fin de orientar sus actividades de investigación. Entre las áreas mas importantes de investigación se encuentran: Extracción, Procesos Industriales, Plantaciones, Silvicultura, Propiedades de Especies latifoliadas tropicales o templadas, etc.

Los avances en las tareas de Planificación se resumen en el término de los estudios de mercado nacional y mercado internacional; un 75% de avance sobre datos de proyectos regionales (recursos, industrias, aspectos sociales); 50% en diagnósticos parciales en regiones básicas y otros datos sobre recursos e industrias; 30% de avance sobre Diagnósticos y Proyectos.

Dentro de los proyectos regionales se han seleccionado dos de las prioridades básicas en el Sector Forestal; el reajuste en los aprovechamientos actuales y en los nuevos del enfoque social, silvícola e industrial, para generar mayores beneficios que sean distribuidos en forma mas justa, lograr una mayor atención al bosque y un mejor uso industrial. La segunda, aumentar la producción de madera, que depende entre otros factores, de la cuantía y accesibilidad del recurso; permisos otorgados; organización de la producción (relaciones dueños - montes - gobierno - industrias; - capacidad técnica, administrativa y financiera; costos); conocimiento de las especies forestales (usos y mercados); promoción de proyectos viables económica y socialmente.

En la actualidad el volumen potencial de corta anual persistente es mayor - que el volumen de producción, tanto de especies coníferas, preciosas (cedro, caoba), como de latifoliadas de climas templado y tropical.

Especies	Vol. Potencial de	Vol. de Producción		Diferencias	
	Corta Anual			(excedente)	
	M3 R Aprovech. -	M3 R Aprovech. -	%	Volumen	%
Coníferas	12 086 700	4 776 000	39	7 310 700	61
Preciosas	133 500	121 500	91	12 000	9
Latifoliadas	4 454 800	774 200	17	3 680 600	83
	<u>16 675,000</u>	<u>5 671,700</u>		<u>11 003,300</u>	

Hay un excedente potencial de 7.3 millones de M3 rollo aprovechables de coníferas; 12 000 M3 aprov. de preciosas y 3.7 millones de M3 R aprov. de latifoliadas.

El volumen excedente potencial en el renglón de latifoliadas podrá utilizarse previas investigaciones de apoyo.

En relación con los volúmenes autorizados por la Subsecretaría Forestal y de la Fauna y los volúmenes producidos en 1973 se tiene que de los 10.08 millones de M3 R aprov. autorizados únicamente se produjo el 60%, o sean 6.01 millones de M3 R. Las razones por las que las empresas no ejercen los volúmenes son de diversa índole, entre las que se encuentran: problemas de contratación (litigios, conflictos internos entre los propietarios y poseedores de bosques, etc.), fallas en el abastecimiento debido a caminos insuficientes o de muy bajas especificaciones, incapacidad de mayor producción por falta de equipo, etc.); capacidad limitada de la industria; falta-

de mercados, fallas administrativas y en los servicios técnicos forestales.

Lo anterior permite ver que hay permisos suficientes en la actualidad, que existe un volumen potencial para satisfacer las necesidades para 5 ó 10 años adelante; sin embargo hace falta promover proyectos viables en todo el país, que se requiere mayor organización en la producción forestal y que se necesita capacitar a los recursos humanos.

Entre los proyectos regionales en que la Subsecretaría Forestal y de la Fauna tiene participación directa se encuentran:

- Reorganización del estado actual en el Sur de Chihuahua, en Chihuahua; en cuya promoción intervienen NAFINSA, Gobierno del Estado, FONAPE, Industriales, PROFORTARAH.
- Proformex, en el estado de Durango, cuyo objeto básico fue proporcionar a las autoridades correspondientes, una serie de elementos que permitiera tomar decisiones en cuanto a la factibilidad técnica y económica de un proyecto industrial.
- Reorganización y estudios para levantamiento de veda en la zona forestal no permitida en el estado de Jalisco.
- Servicio técnico forestal integrado en el estado de Chiapas, organización, administración y aprovechamiento de los bosques en la zona templada.
- Estudios para levantamiento de veda en el estado de Puebla.
- Estudios para levantamiento de veda en los estados de Tlaxcala y Morelos.
- PROTINBOS en el estado de México, reorganización del aprovechamiento, aprovech. de excedentes, mejoramiento silvícola.
- Forestal Vicente Guerrero en el estado de Guerrero, reorganización, abastecimiento de industrias adquiridas, etc.

Se participa en otros proyectos en los estados de Michoacán, Oaxaca, Veracruz, Hidalgo, Querétaro.

Se ha visto que existen recursos, que hay permisos forestales, se está trabajando sobre diversos proyectos regionales; por otra parte hay interés por invertir, los precios de venta son atractivos.

Sin embargo, es necesario adentrarse en las tareas de apoyo que permitan - fomentar bajo bases firmes la actividad forestal.

Las acciones de apoyo que se están promoviendo engloban diferentes áreas - encontrándose entre ellas: Area Institucional; de recursos; de educación y capacitación; uso y fomento de la madera; financiamiento.

Dentro del área institucional se han abordado proyectos referentes a la - forma de organización de los sistemas productivos actuales; precios de compra y venta de la madera; coordinación institucional.

El objetivo perseguido en el proyecto de formas de organización es el en- - contrar alternativas de organización que rompiendo la estructura conflictiva que priva actualmente, pueda estar en condiciones de aportar aspectos - positivos tanto en la compra - venta de materia prima, como en la propia - participación de los dueños de los bosques en la actividad productiva.

En el proyecto de precios de compra y venta de la madera se persigue encon- - trar un criterio analítico que permita definir cual es el precio adecuado de la madera, considerando el tipo de industria, competencia por la mate- - ria prima, valor agregado, precios de los productos finales, accesibilidad de los bosques, cercanía de los mercados, etc.

En relación con la coordinación institucional se busca el tener una orien- - tación de tipo nacional que permita definir las interrelaciones de las 40 ó mas - - - - - agencias del gobierno federal o estatal que concurren en la actividad forestal, a - fin de propiciar un desarrollo armónico y evitar la mala utilización o el desperdicio de recursos.

En el área de recursos se trabaja sobre la organización e integración de - servicios técnicos forestales a la Subsecretaría; la creación y funcionamiento de - Delegaciones Regionales con base en la Reforma Administrativa; programas de mejora- - miento silvícola; uso de especies latifoliadas tropicales y de clima templado, plan- - taciones forestales comerciales.

La integración o incorporación de servicios técnicos forestales, significa - la dependencia directa a la Subsecretaría, de las direcciones técnicas en las Unida-

des, permisos precarios y organismos, su vinculación continua al bosque, y programas de trabajo que conjuguen el interés nacional de conservación y mejoramiento silvícola, con el abastecimiento de las industrias y superación económica y social de poseedores del bosque.

El programa de mejoramiento silvícola persigue la implantación a nivel comercial de prácticas silvícolas que permitan aumentar la productividad de los bosques, mejorar la calidad de los productos, reducir los costos de extracción y generar ingresos y empleos que impulsen la economía rural de las zonas.

El proyecto sobre especies latifoliadas tiene como objetivo impulsar el uso de las mismas para la obtención de pulpas químicas y papel; encontrando nuevas técnicas que hagan factible el aprovechamiento de esta materia prima; incluyendo el uso industrial integral.

Las plantaciones forestales comerciales se programarán de acuerdo a las demandas futuras de madera, con el fin de satisfacer los requerimientos industriales en el país.

En el área de educación y capacitación se trabaja sobre educación y capacitación a nivel profesional, subprofesional, auxiliares y obreros, tanto sobre manejo del bosque como extracción e industria.

Se iniciaron acciones sobre el programa de uso y fomento de la madera en la vivienda, integrándose un grupo interdisciplinario para realizar los trabajos sobre el tema. El Centro de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M. organizó un curso sobre usos estructurales de la madera, que se celebró en marzo del año próximo pasado.

En resumen, dentro de la política encaminada a acciones mas eficaces, la Subsecretaría Forestal y de la Fauna ha considerado indispensable alcanzar los objetivos siguientes:

Uso eficiente de los bosques y recursos asociados y orientados hacia una participación más activa en el desarrollo del hombre.

Enseñar a los dueños y poseedores de los bosques a vivir constructivamente de ellos.

El País estará en serios problemas de abastecimiento de madera de coníferas, posiblemente antes de 1985. De ahí la importancia de iniciar un programa intensivo de mejoramiento de los bosques naturales y de plantaciones AHORAMISMO, más todavía si se considera que podrán obtenerse resultados en un mínimo de 10-20 años.

Los programas de mejoramiento silvícola deberán establecerse en 150,000 hectáreas anuales para cubrir en 10 años 1,500,000 hectáreas lo que permitirá duplicar la producción en esa superficie en 30-35 años.

La industria establecida deberá ser eficiente para que sea capaz de remunerar el esfuerzo de los dueños y poseedores que vendan su trocería.

La Subsecretaría Forestal y de la Fauna a través de sus delegaciones regionales, planeará y supervisará las operaciones de abastecimiento de trocería y leñas así como la apertura de los caminos forestales, por ser vitales al cultivo del

bosque, permanencia y eficiencia de los aprovechamientos ,
plantaciones, uso del arbolada y conservación de los suelos
y de las aguas.

Se deben multiplicar las áreas piloto de estudios y demostración
en todas las regiones forestales y centros industriales.
Mejoramiento silvícola, plantaciones, modelos de desarrollo
forestal, extensión agropecuaria en zonas forestales, organización
campesina, aserraderos, etc., son algunos de los --
campos en que se reclaman experiencias y técnicas nacionales.
Estas áreas piloto se apoyarán con investigaciones y evaluaciones
que permitan ir fundamentando y enriqueciendo las
decisiones y soluciones.

Se considera básica la creación del Centro de Formación Forestal
de la Subsecretaría Forestal y de la Fauna, al constituírse
con los siguientes objetivos:

Sede principal del Programa de Educación Continúa
de la Subsecretaría Forestal y de la Fauna.

Actualizar a los 500 profesionales forestales egresados .
y en activo y a los 800 subprofesionales forestales y en
activo.

Cubrir las necesidades de capacitación de 30,000 obreros
que laboran en los bosques.

Para ordenar el desajuste y sustituir la improvisación y el despilfarro, para usar de manera racional los recursos forestales
y sentar las bases para aprovechar nuestros bosques y definir -

metas y políticas, así como fundamentar la toma de decisio
nes, se deben continuar las tareas de planificación y proyecto
regionales del Programa Nacional del Desarrollo Foresta
tal, así como el levantamiento de las vedas existentes.

En base a los objetivos anteriores en 1974 las acciones
principales fueron:

Se organizaron los servicios técnicos-forestales depen-
dientes de la Subsecretaría Forestal y de l. Fauna en un
22% de la producción forestal nacional (seis millones -
de metros cúbicos en rollo).

Se produjeron 45 millones de plantas y reforestaron - -
aproximadamente 10 mil hectáreas, sentándose las ba -
ses para iniciar el Programa de Plantaciones a gran es
cala.

Se controló las plagas de los Estados de México y Mi-
choacán, que afectaron una superficie de 105 mil hectá-
reas.

Se otorgaron servicios de prevención y control de incen-
dios forestales en una superficie de 7.1 millones de - -
hectáreas, dentro de las cuales ocurrieron más de 5,000
sinistros.

Lo anterior se realizó por la organización y operación de
195 patrullas contra incendios forestales.

Se intervino en la reducción de importaciones de madera
que en 1973 ascendió a 230 millones de pesos.

Se estudiaron sesenta especies maderables para substituir importaciones de madera.

Se establecieron seis nuevas áreas experimentales en el País.

Se ofreció asistencia técnica a ejidos forestales, empresas estatales y organismos descentralizados.

Se realizaron investigaciones para obtener indicaciones acerca de las especies más recomendables en plantaciones de zonas áridas, templadas y tropicales.

Durante el año del 1974 se concluyó el Inventario Forestal de una superficie arbolada de 4.1 millones de hectáreas, cifra que equivale al 9% de la extensión arbolada del País.

Se han intensificado los trabajos relativos al Inventario Forestal Continuo y al Catastro Forestal en los Estados de Chihuahua y Durango.

Se manejaron 498 permisos para el aprovechamiento maderable, que comprendieron un volumen de 12 millones 847 mil metros cúbicos en rollo, de los cuales se ejercieron solamente alrededor de seis millones, tanto de especies de clima templado y frío como tropicales.

Se definió y se iniciaron los estudios correspondientes a un modelo sobre planificación nacional forestal.

Se promovieron y terminaron cinco proyectos regionales; Proformex, Sur de Chihuahua, Atenquique, Zona Templada de Chiapas y Tlaxcala.

Se terminó estudio para el levantamiento de la veda en el Estado de Puebla.

Se iniciaron cuatro proyectos regionales Selva Lacandona en Chiapas, Protinbos en el Estado de México, zona vedada de Jalisco, Cofre de Perote y Pico de Orizaba, Ver. El impacto de estos nuevos proyectos en los próximos años será el de incorporar a la producción forestal 3.5 millones de metros cúbicos, canalizar una inversión de 2 mil 600 millones de pesos y generar una ocupación de 14 mil nuevos empleos.

Fig No.1 LAS IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE PRODUCTOS FORESTALES Y CELULSICOS.

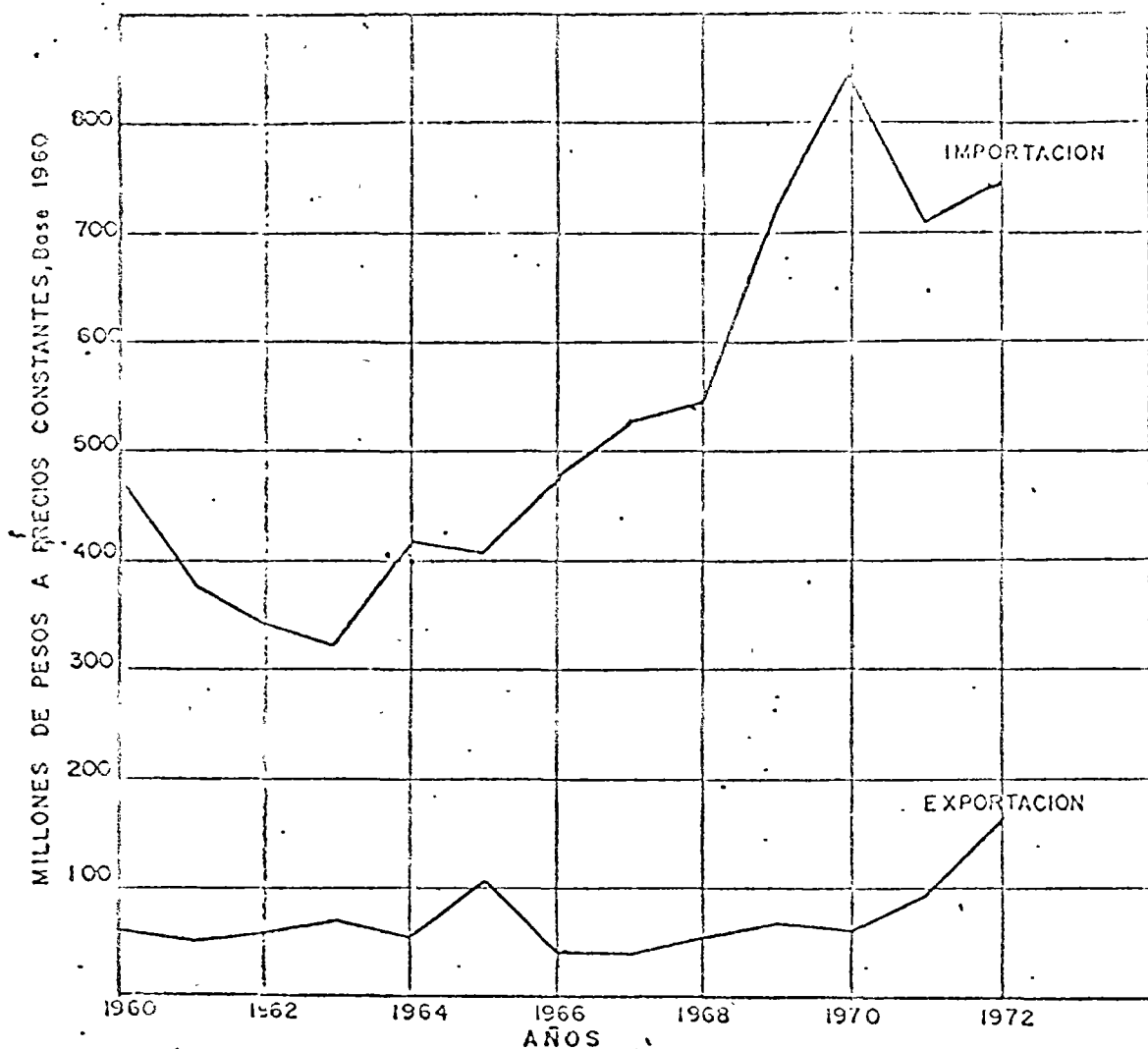
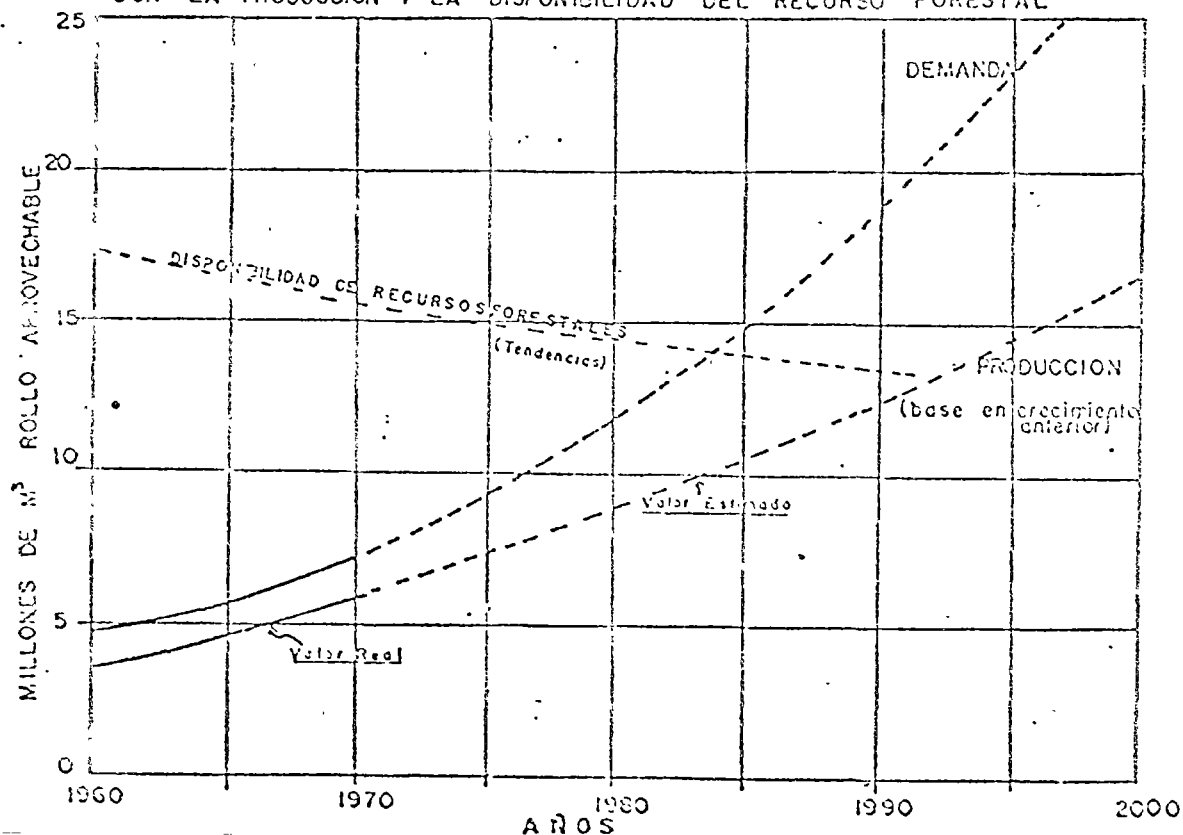


Fig.No.2 DEMANDA ESTIMADA DE PRODUCTOS FORESTALES Y CELULSICOS, RELACION CON LA PRODUCCION Y LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO FORESTAL



INDUSTRIALIZACION	PRODUCTOS FINALES	MATERIALES PARA CONSTRUCCION Y VIVIENDA, EMPALMES, MUEBLES, PUERTAS, ETC.		MATERIALES PARA INDUSTRIA QUIMICA PAPEL (celulosas, holz, papel) y otros
	PRODUCTOS PRINCIPALES	tripley palo para escoba, Cruceles - fusión de carbón y coque Tarimas	Tableros aglomerados Tableros duros Tabla Durientes	Papel para imprimir Papel para impresión Liner Papel Bond Corrugado medio
INDUSTRIALIZACION	PRODUCTOS SECUNDARIOS UTILIZADOS EN OTRAS INDUSTRIAS INTEGRADAS	Vigas, Caja alambrada, caja clavada Centro o cuadrado para celulosa, aserrados y tableros. Recort para celulosa y tableros Aserrín para energía, tableros, celulosa y componente de fertilizante Corteza para energía y componente de fertilizante	Recortes para celulosa y tableros Aserrín Corteza Otros	Celulosa al sulfato Celulosa al sulfato ácido Celulosa al sulfato neutro Pasta de celulosa
	DESECHOS	Recortes de aserrín, triplay o chapa Aserrín Corteza	Recortes para aserrín Aserrín Corteza	
INDUSTRIALIZACION	CLASIFICACION DE LA MATERIA PRIMA	Trozo de triplay Trozo de aserrín Trozo para caja	Trozo para durientes Leña o trozo para tableros	Leña o trozo celulósico Brazuelo o rama aprovechable para celulósicos Desperdicio (punta y zanca)



CUADRO No. 1. OFERTA NACIONAL DE MADERA
(1974)

ESTADO	CON T E N I D O (PROYECTOS)			P E R F O R M A N C I A (CAPACIDAD)			TOTAL NACIONAL	
	VOLUMEN POTENCIAL DE CORTA ANUAL PERMISTEN- TE (Próximo 5 años) m3 rollo aprovechable*	VOLUMEN DE PRODUCCION 1972 m3. aprov.	DIFERENCIA m3 rollo aprov.	VOLUMEN POTENCIAL DE CORTA ANUAL PERMISTEN- TE (Próximo 5 años) m3 rollo aprovechable	VOLUMEN DE PRODUCCION 1972 m3. aprov.	DIFERENCIA m3. aprov.	VOLUMEN POTENCIAL DE CORTA ANUAL PERMISTEN- TE (Próximo 5 años) m3 rollo aprovechable	VOLUMEN DE PRODUCCION 1972 m3. aprov.
1.- AGUASCALIENTES	300	100	200				1,000	
2.- B. CALIF. NTE.	35,000	5,400	29,600				1,800	600
3.- B. CALIF. SUR	200		200				1,000	100
4.- CAMPECHE				16,000	47,000	-31,000	100,000	10,000
5.- COAHUILA	31,000	800	30,200				1,000	1,000
6.- COLIMA	200	2,000	- 1,800	800	100	700	4,000	1,000
7.- CHAMPAS	610,000	250,000	360,000	60,000	29,000	30,000	900,000	10,000
8.- CHIHUAHUA	400,000	1,510,500	-1,110,500				21,000	
9.- CHIQUILA FEDERAL	42,000	11,800	- 30,200				5,000	200
10.- DURANGO	2100,000	800,500	1299,500				100,000	4,000
11.- GUAYABATO	3,000	3,700	- 700				22,000	13,000
12.- GUERRERO	1000,000	170,100	829,900	1,600	100	1,500	225,000	23,000
13.- HIDALGO	100,000	400	99,600	800		800	31,000	
14.- JALISCO	831,000	424,300	406,700	1,600	100	1,500	30,000	11,000
15.- JALAPA	600,000	208,000	392,000				90,000	10,000
16.- MICHOACAN	2000,000	590,300	1409,700	1,600	100	1,500	450,000	10,000
17.- MORELOS	51,000	32,700	18,300				12,000	400
18.- NAYARIT	130,000	7,600	122,400	1,600		1,600	67,000	10,000
19.- OAXACA	12,000	21,600	- 9,600				3,000	1,000
20.- PUEBLA	1,100,000	353,500	746,500	2,400	100	2,300	1200,000	20,000
21.- QUERETARO	160,000	120,000	40,000	500	100	400	67,000	13,000
22.- S. LUIS POTOSI	17,000		17,000				7,000	1,000
23.- TABASCO				36,000	30,400	5,600	135,000	12,000
24.- TAMAULIPAS	14,000	3,250	10,750	200	200		10,000	210,000
25.- TOLUCA	120,000	2,000	118,000	200	200		216,000	2,000
26.- VERACRUZ	84,000	28,000	56,000				13,000	10,000
27.- YUCATAN				3,200	10,100	- 6,900	45,000	10,000
28.- ZACATECAS	12,000	12,000		600	600		67,000	10,000
29.- ZAMORA	80,000	7,300	72,700				7,000	
30.- GUANAJUATO	100,000	12,000	88,000	2,400	2,000	400	54,000	10,000
31.- VERACRUZ				4,000	200	3,800	20,000	10,000
32.- GUANAJUATO	40,000	25,000	15,000				7,000	1,000
S U M A	12,086,700	4,776,000	7,240,700	133,500	121,500	+ 12,000	4,454,500	7,400
Equivalente en								
m3 rollo total	16.1 millones	6.0 millones	10.1 millones	267,000	243,000	+24,000	7.4 millones	1.7 millones

FUENTES: INVENTARIO NACIONAL FORESTAL
INFORMES DE DELEGACIONES FORESTALES

* MEDIANTE ATENCION AL BOSQUE ESTOS VALORES

DEBEN AUMENTAR.

COORDINACIONES DIRECCION DESARROLLO
FORESTAL



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS
DE MADERA

Preservación y Retardo de Incendio

M.en C. Luis Manuel Pinzón P.

CURSO INICIATIVO:

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS EN MADERA

PRESERVACION Y RETARDO DE INCENDIO

POR

M. en C. LUIS MANUEL PINZON PICASEÑO

PRESERVACION Y RETARDO DE INCENDIO.

I INTRODUCCION.

1. Justificación, Importancia Económica.

La madera es un material que posee buenas cualidades para su uso estructural, en especial para casa habitación, algunas de ellas son: alta resistencia mecánica en relación a su peso, baja conductividad térmica, facilidad de trabajo, posibilidad de selección de una gran variedad de materiales según la especie del árbol de origen, etc., y además, cualidades estéticas para decorado.

Sin embargo, posee dos características que en muchas ocasiones se han señalado, sobre todo en México, como "defectos incorregibles": es susceptible a ser degradada por hongos e insectos y ofrece riesgo de incendio. Como vamos a ver en el transcurso de esta plática, estos "grandes defectos" pueden ser atenuados hasta un nivel satisfactorio, con la ayuda de técnicas preventivas y tratamiendos de preservación.

La importancia económica que involucra el uso de madera "corregida" para estos defectos, debe ser recalcada: permitirá disponer de un material relativamente abundante y barato; su uso en la vivienda permitirá abarcar campos desde la vivienda de interés social ya sea rural o urbano, hasta la residencia de lujo, y sus consecuencias lograrán que otros materiales como man postería, cemento y acero sirvan para fines más adecuados, pero además, todo esto obligará a lanzar una mirada retrospectiva a su fuente de origen, el bosque, con el fin de incrementarlo y mejorarlo.

II PROTECCION CONTRA ORGANISMOS.

1. Organismos Que Deterioran Madera.

Pasemos ahora a analizar uno de los inconvenientes de la madera, su susceptibilidad al ataque de organismos.

Para comenzar, hay que recordar que la madera es un material de constitución orgánica y por ello puede ser aprovechada como alimento o refugio por bacterias, hongos, insectos y tala-dradores marinos.

a) Bacterias y Hongos.

Las bacterias pertenecen al grupo de seres vivientes más pequeños que existe en la naturaleza, un gramo de suelo fértil puede contener hasta mil millones de ellas. Son realmente muy pocas las especies que pueden afectar la madera. Los problemas de ataque bacteriano sólo se presentan en madera que se ha mantenido muy húmeda o saturada de agua durante mucho tiempo, por lo tanto no son importantes en la mayor parte de estructuras, a menos que se trate de piezas ancladas en suelo constantemente inundado. La principal alteración que provocan es un aumento considerable en la permeabilidad de la madera, especialmente de albura.

A diferencia de las bacterias, los hongos si constituyen un serio peligro para la madera, tanto que son sus peores enemigos. Los hongos son organismos que están bien adaptados para invadir madera, ya que su cuerpo está constituido por finos filamentos llamados hifas y que en conjunto forman una masa algodonosa llamada micelio. Gracias a esto, pueden penetrar y desarrollarse por los poros y cavidades de la madera, digiriéndola por medio de enzimas que secretan y absorbiendo después los productos de su acción degradante.

Esta degradación sólo puede producirse si la madera reúne una serie de condiciones necesarias para el desarrollo de los hongos:

Oxígeno.- La madera debe tener entre 80 y 50 % del total de su espacio libre (porosidad) ocupado por aire que necesitan los hongos para respirar.

Humedad.- Valores en contenido de humedad de la madera entre 20

y 50 % de su peso seco, son favorables a los hongos, 20 % es el mínimo contenido de humedad que permite la difusión de enzimas degradadoras y 50 % es el máximo contenido de humedad que permite la presencia de suficiente aire respirable para los hongos. El grado de aereación y el contenido de humedad son dos valores relacionados entre sí, si la madera está saturada de agua no contiene aire y si está completamente ocupada por aire no contiene agua suficiente. También están relacionados con el grado de porosidad de la madera y el punto de saturación de la fibra de cada especie.

Temperatura.- Entre 20 y 36 grados de temperatura son muy favorables para el crecimiento de hongos, aunque pueden tolerar temperaturas más bajas.

Alimento.- Almidones y azúcares del parénquima de la madera, así como celulosa, hemicelulosas y lignina de las paredes celulares son los platillos predilectos de estos hongos.

pH.- La actividad de las enzimas de los hongos requiere de un grado de acidez de 4.5 a 5.5 en la madera.

Si alguno de estos cinco factores en una pieza o estructura de madera no se encuentra dentro de estos valores, está a salvo del ataque de hongos, en esto reside el secreto de la preservación contra su ataque.

El tipo de daño que causan los hongos es algo diverso. Los hay que únicamente producen manchas de colores variados ya sea superficiales o profundas y que cuando mucho aumentan la permeabilidad de la madera de albura o disminuyen su resistencia al impacto después de exposición muy prolongada; pero lo más importante es que afean el aspecto de la madera y disminuyen su valor comercial. Este es el caso de los mohos y hongos del manchado.

Los daños más serios son causados por los hongos de la pudrición. El deterioro puede ser un ablandamiento drástico pero superficial en la pudrición suave; una degradación rápida, pro-

funda y extensa que provoca grietas a lo largo y a través del grano, junto con cambios a un color café obscuro como en la pudrición morena; o una degradación lenta pero total que deja un material residual esponjoso de aspecto blanquecino como en la pudrición blanca.

Estos daños si pueden afectar fuertemente a las propiedades mecánicas y por ende estructurales de la madera como: resistencia al impacto, a la flexión estática y a la compresión. También, disminuyen el peso, gravedad específica (densidad) y características de secado de la madera se alteran.

b) Insectos.

Algunos insectos también constituyen enemigos peligrosos de la madera. El segundo lugar en importancia después de los hongos lo ocupan las termitas, comejenes o polillas. Son insectos sociales que forman colonias bien organizadas en nidos relacionados con madera o suelo. Se caracterizan por ser muy sensibles a ambientes secos y a los rayos del sol, por esto construyen sus galerías bien resguardadas y difíciles de detectar, a no ser por la presencia de pequeños orificios en la madera y diminutos montículos de aserrín acumulados bajo esos orificios. Alteran fuertemente todas las características estructurales de la madera.

Las llamadas termitas subterráneas viven en suelo húmedo y cavan sus galerías hacia las piezas de madera aún a través de mampostería aprovechando hendiduras. Perforan rápidamente y en gran extensión a la madera pero evitando cuidadosamente las superficies que parecen de madera intacta.

Las termitas de la madera seca viven sin necesidad de tener contacto con el suelo. Los individuos adultos son alados, como las "palomillas de San Juan" y pueden alcanzar e invadir estructuras altas y lejanas.

Las termitas de la madera húmeda sólo pueden invadir piezas cuyo contenido de humedad sea alto constantemente.

Algunas especies del grupo de los escarabajos también son dañinos. Las larvas (gusanos) o adultos voladores pueden perforar madera en edificios o muebles y difundirse rápidamente.

c) Taladradores Marinos.

Los taladradores marinos se encuentran en pilotes de muelles, cascos de barcos y otras estructuras sumergidas en agua salobre o marina. Son pequeños crustáceos y moluscos que barren fuertemente la madera. Algunos se alimentan de celulosa, hemicelulosas y otros carbohidratos, o pueden perforar la madera sólo para habitarla. Los más dañinos se encuentran en aguas tropicales. Mucha atacan en forma masiva y a nivel de entre las marcas baja y media, por lo que su efecto destructivo es aumentado por la acción mecánica de las olas.

Su ataque es un poco difícil de controlar, pero se puede recurrir a diversos medios como fundas o revestimientos de hormigón, arcilla vidriada, hierro fundido que es de corrosión lenta, cobre que es muy resistente a corrosión; o bien, con tratamiento químico, de preferencia con sales hidrosolubles aplicadas a presión y en alta retención.

2. Prevención del Deterioro por Organismos.

Para evitar el ataque de los organismos que ya se han mencionado, se puede recurrir a varios métodos no costosos y que no implican más que el tomar en cuenta algunas precauciones.

a) Secado.

Piezas de madera cuyos contenidos de humedad sean inferiores a un 20 % del peso anhidro, son inmunes al ataque de bacterias, hongos, termitas subterráneas y de la madera seca; no así de las termitas de la madera seca ni de algunos escarabajos, pero estos últimos no son muy abundantes en los medios urbanos.

El uso de madera bien secada ya sea al aire o en estufa, es uno de los mejores métodos para evitar deterioros por organismos

en estructuras. Es obvio que esto no será posible en algunas piezas, sobre todo las que estén en contacto con suelo o en sitios de alta condensación de humedad ambiental; en tales casos se debe recurrir a otros medios.

b) Pinturas y Barnices.

Las aplicaciones de pinturas o barnices son ineficaces para evitar el desarrollo de organismos. Pueden tener cierta utilidad, sobre todo los productos impermeables, al evitar que la madera absorba humedad, pero cualquier defecto que permita la entrada de agua a la madera, convierte a la pintura en un inconveniente ya que evita el secado posterior a través de toda la superficie de la pieza.

Puede recomendarse esta técnica para madera en exteriores, ya que protege contra el intemperismo, siempre y cuando se tenga cuidado de evitar que existan zonas y uniones sobre todo en los cortes transversales de las piezas que no posean esta capa y un mantenimiento constante. En sitios de alto riesgo a humedad no debe utilizarse únicamente este método.

c) Diseño Estructural.

El diseño de la estructura por construir es uno de los medios más importantes para evitar daños. Bastará seguir una serie de recomendaciones que se incluyen a continuación:

1) No utilizar madera sin tratar a menos de 50 cm. sobre el nivel del suelo. Las estructuras de anclaje si son de madera deberán estar impregnadas químicamente. Para solucionar esto, también se puede recurrir al uso de herrajes de anclado o a mampostería en los cimientos.

2) Evitar sitios que permitan la acumulación de humedad de condensación, goteras, absorción del suelo o mampostería u otros orígenes. Los sitios que ofrecen más riesgo de esto son las partes superiores por debajo del techo y las inferiores a nivel del piso del edificio y cimientos. Un buen techado que no tenga

goteras y sobresalga lo suficiente de las paredes exteriores del edificio, permitirá los escurrimientos de agua. Ventiladas en los desvanes o en el espacio entre el techo y plafón, favorecerá el arrastre de la humedad por ventilación. Los marcos de ventanas corren mucho riesgo de humedad por la condensación o escurrimientos de agua en los vidrios, en este caso es preferible utilizar madera tratada. Se puede recurrir también al uso de impermeabilizantes, aislantes térmicos y selladores en algunos de estos sitios.

3) Una ventilación adecuada por debajo del edificio evitará la transmisión de humedad del suelo a la madera. Para esto, se recomienda dejar ese espacio libre, o bien, cubrirlo con tabiques perforados de tipo ornamental o colocando respiraderos de tamaño y en número adecuado.

4) El terreno debe ser saneado antes de iniciarse la construcción, eliminando tocones, cercas y otras piezas de madera en estado sospechoso. Después de terminada la construcción, se deben eliminar piezas de cimbra y desechos de madera.

5) Se debe tener cuidado en favorecer un buen drenaje del suelo sobre todo bajo el edificio, para evitar estancamientos de agua de lluvia. Esto se puede hacer aprovechando el declive natural del terreno o preparando uno.

6) Utilizar en toda la construcción madera en buen estado y seca.

7) En las estructuras de anclaje o cimientos y tuberías de toma o drenaje, es posible instalar escudos metálicos que eviten el paso de las termitas subterráneas.

8) Mallas de alambre mosquitero en ventanas y ventiladas evitan el paso de termitas de la madera seca y escarabajos al interior del edificio.

y 9) Realizar periódicamente inspecciones y mantenimiento adecuados.

d) Especies Resistentes.

El uso de especies forestales cuya madera sea resistente al ataque de hongos y termitas, es otra de las posibilidades de prevención. Algunos sitios cerrados o inaccesibles a la vista como closets, alacenas, parte inferior de escaleras, etc., pueden ser contruidos con este tipo de maderas, algunas de las cuales son:

sapote (Achras zapota)
 gateado (Astronium graveolens)
 pukté (Bucida buceras)
 barí o santamaría (Calophyllum braziliense)
 cedro (Cedrela mexicana)
 cueramo (Cordia alliodora)
 guanacaste (Enterolobium cyclocarpum)
 guayacán (Guaiacum sanctum)
 cuapinol (Hymenea coubaril)
 machinche (Lonchocarpus castilloi)
 mora (Maclura tinctoria)

3. Preservadores Químicos.

Las piezas de madera que se destinen a condiciones de alto riesgo a deterioro y cuyo reemplazamiento sea costoso o difícil, como piezas en contacto con suelo, vigas de soporte, polines de techados, estructura inferior del edificio, marcos de puertas y ventanas, etc., deben ser tratadas con preservadores químicos.

a) Tipos y Solventes.

Los preservadores para madera deben reunir una serie de características como son:

Ser tóxicos a los organismos destructores de madera.

Penetrar fácilmente a la madera.

Ser poco lixiviables y por ello tener alto poder residual.

Poderse manipular y usar sin peligro a la salud.

No dañar a la madera ni a los metales.

Ser accesibles y económicos tanto en el mercado como en sus métodos de aplicación.

Algunos de ellos deben ser además: limpios, incoloros, compatibles con pinturas y barnices, repelentes al agua, resistentes al fuego o combinaciones de algunas de estas propiedades.

Los preservadores se clasifican según el tipo de solvente que requieren en:

Preservadores Oleaginosos u Oleosos, que se diluyen en aceites de petróleo o en solventes orgánicos, como Creosota, Pentaclorofenol, OZ; algunos insecticidas como Clordano, B. H. C. (hexacloruro de benceno), Endrin, etc. Y,

Preservadores Hidrosolubles, como las sales inorgánicas a base de cobre-cromo-arsénico (sales Wolman, Osmose K-33, Osmose C-55), Osmosales FCAP, etc.

En la madera tratada, los preservadores oleosos penetran a los lúmenes y espacios intercelulares de la madera, mientras que los hidrosolubles reaccionan químicamente y se precipitan en las paredes celulares.

b) Principios Activos.

Los principios activos de estos preservadores son tan diversos como su composición química. En general, estos productos son, o pueden ser por la propia actividad de los organismos, solubles en sus líquidos corporales o celulares. Al entrar a estos líquidos, bloquean la respiración o el metabolismo celular inhibiendo o matando al organismo.

Algunos preservadores también pueden actuar como repelentes sobre todo de insectos.

c) Elección de Productos.

La elección del producto se debe hacer en base al tipo de servicio a que estará sometida la pieza por tratar y a las condiciones de riesgo en que se instale.

4. Métodos de Aplicación de Preservadores (Preservación).

Los métodos de aplicación de preservadores son muy variados, los hay que requieren plantas de impregnación con equipo costoso y los hay hasta de aplicación doméstica.

a) Factores que Intervienen en la Tratabilidad de la Madera.

Para evaluar un método de tratamiento de madera, se toma en cuenta la cantidad de preservador absorbido, o retención, generalmente expresado en libras de preservador por pie cúbico de madera y profundidad de penetración.

El grado de retención y penetración depende a su vez de varios factores: la anatomía de la madera, el proceso de aplicación, el tipo de solución preservadores y el contenido de humedad de la madera. De éstos, el único factor que no se puede controlar es la anatomía de la madera.

b) Procesos Sin Presión.

Los procesos sin presión no requieren de equipo muy complejo, pero proporcionan baja retención y penetración. Hay varios métodos:

Inmersión.- Consiste en sumergir la carga de madera durante unos minutos, en unas cubas de cemento o metal. Se utiliza mucho para tratamiento con preservadores de solvente orgánico, especialmente insecticidas. Pueden aplicarse en esta forma: OZ, Pentaclorofenol, Osmose K-8.

Baño.- Requiere de un tunel de tratamiento donde se hace circular la madera y es rociada con preservadores sobre todo de solvente orgánico. Se utilizan así: OZ, K-8.

Aplicación por Brocha o Aspersión.- Estos métodos se utilizan más bien como mantenimiento. Algunos productos aplicables por estos métodos son: Osmoplastic, OZ, K-8.

Difusión en Madera Verde.- Presenta varias modalidades, pero en general, consisten en sumergir madera verde en cubas con la solu

ción preservadora, después se apila muy junta para permitir que los ingredientes activos se difundan totalmente en la madera. La penetración llega a ser total en este método. Se utilizan preservadores a base de boro o flúor como las Osmosales FCAP.

c) Procesos a Presión.

Los procesos a presión requieren de plantas de impregnación con un cilindro de tratamiento o autoclave, capaz de resistir altas presiones o vacío. También utilizan bombas hidráulicas o neumáticas y a veces calefacción en el cilindro. Los métodos más comunes son:

Proceso de Célula Llena.- Comprende las siguientes fases:

- introducción de la carga de madera al autoclave,
- vacío inicial para extraer el aire de la madera,
- aplicación de la solución preservadora y adición de presión hidráulica,
- fase mantenida hasta obtención del tratamiento deseado,
- drenado de la solución, y
- vacío final para limpiar superficies de las piezas.

Este proceso se utiliza para sales hidrosolubles de tipo CCA (Wolman, K-33, C-55) y Osmosales FCAP.

Procesos de Célula Vacía.- Hay dos tipos, el proceso Rüping sigue los siguientes pasos:

- introducción de la carga en el autoclave,
- inyección de aire a presión,
- adición de la solución preservadora y calor,
- mantenimiento de esta fase, y
- vacío final para limpiar las superficies.

En este proceso se impregna con creosota, pentaclorofenol y otros preservadores oleosos. Proporciona retenciones y penetraciones más moderadas, economizando solución preservadora

Las fases del Proceso Lowry son:

- introducción de la carga,
- aplicación de la solución preservadora y presión hidráulica

fase sostenida hasta tratamiento deseado,
vacío final.

Este proceso se emplea también para preservadores oleosos.

d) Elección del Proceso.

La elección del proceso de tratamiento deberá estar de acuerdo con el tipo de servicio que va a desempeñar la madera, las condiciones en que estará y el tipo de producto por utilizar. El cuadro siguiente podrá ser de utilidad para esto:

PRESERVADOR	TRATAMIENTO	RIESGO DE DAÑO
K-8, Insecticidas	Aspersión o brocha	Bajo-moderado
OZ, K-8, Insecticidas	Baño	Bajo-moderado
Pentaclorofenol, OZ, K-8, Insecticidas	Inmersión	Moderado
Osmosales FCAP	Difusión	Alto-severo
CCA, Osmosales	Célula llena	Severo
Creosota, Pentaclorofenol	Rüping	Alto
Creosota, Pentaclorofenol	Lowry	Alto-severo

5. En muchos países, existen normas que regulan las características y calidad de las fórmulas de preservadores, solventes y métodos de tratamientos.

Por la repercusión que tienen en nuestro país, conviene mencionar algunas de las normas actualmente en vigor en E. U. A., publicadas por la American Society for Testing and Materials y son similares a las publicadas por la American Wood Preservers' Association.

Para Preservadores:

Creosota.- ASTM D 390-67 y ASTM D 391-63.

Pentaclorofenol.- ASTM D 1272-56.

CCA.- ASTM D 1625-71.

Para solventes:

ASTM D 1859-71

Para tratamientos:
Procesos a presión.- ASTM D 1760-70.

III DETERIORO POR FUEGO.

I. Alteraciones Causadas Por Fuego.

El otro "pero" comunmente aplicado a la madera es su riesgo de incendio. Primero, conviene ver qué sucede cuando la madera se expone al calor o fuego.

La madera sometida a altas temperaturas sufre una descomposición o pirólisis, produciéndose alquitranes y gases que al mezclarse con el aire pueden inflamarse. La temperatura a la que se inicia la combustión es de 330 a 600°C, dependiendo de que el calor sea radiante (Transmitido por aire) o convectivo (transmitido por otros cuerpos). En presencia de llama, la ignición depende además de la temperatura, del tiempo de exposición a ella; a mayor temperatura, se requiere de menor tiempo de exposición.

Gracias a la baja conductividad térmica de la madera y a que cuando se quema se forma una capa de carbón aislante, tiene excelente resistencia a la penetración del fuego. En piezas grasas, la velocidad de penetración puede ser de 4 cm por hora y mientras tanto, las zonas internas no afectadas conservan su resistencia mecánica (a diferencia de lo que sucede con otros materiales como acero o fierro).

La propagación superficial de las llamas en la madera, se debe a la combustión de gases producidos por pirólisis, cuando el proceso llega a ser exotérmico.

Durante la combustión parcial de la madera ya sea en forma de brasa o con la formación de llama, se producen gases y humos tóxicos, especialmente en el primer caso. Sin embargo, estos gases y humos no son tan peligrosos como los producidos por otros materiales (plásticos, etc.) de uso común y extendido en la vivienda.

Una vez considerado esto, es posible mencionar una serie de recomendaciones que aplicadas al diseño de la estructura, atenúan los riesgos en caso de incendio.

Es obvio que lo más efectivo para el control de un incendio, es éste sea confinado al lugar de origen y que la estructura afectada resista hasta su extinción. El uso de piezas de grandes dimensiones y combinaciones de varios materiales como yeso, asbesto, asbesto cemento o mampostería, es útil para esto ya que proporciona aislamiento térmico, se evita la propagación de llamas y previene el paso de gases a los recintos contiguos. Esto debe tenerse muy en cuenta al diseñar las piezas estructurales como polines, columnas, paredes y pisos.

También pueden tomarse algunas precauciones contra fuegos exteriores. Una separación conveniente entre el edificio por construir y los circundantes, evita la propagación de incendios. Los techos y paredes exteriores pueden cubrirse con materiales incombustibles o aislantes.

Otro de los recursos preventivos consiste en tratar con productos retardantes al fuego algunas de las piezas estructurales importantes o que presenten mayor riesgo, pero ningún producto elimina totalmente la característica combustible de la madera.

2. Productos Químicos Retardantes al Fuego o Antifuego.

a) Tipos y Composición Química.

Los productos retardantes al fuego, antifuego o ignífugos son sales hidrosolubles solas o mezclas de algunas de ellas. Algunas de las más efectivas son: fosfato monobásico de amonio ($\text{NH}_4 \text{H}_2 \text{PO}_4$), fosfato dibásico de amonio ($(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$), sulfato de amonio ($(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$), bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), ácido bórico (H_3BO_3) y cloruro de zinc (ZnCl_2). Algunas fórmulas comerciales son Osmose X-1663 y Flame-Proof. Los preservadores hidrosolubles a base de sales inorgánicas y aplicados con tratamientos a presión, proporcionan cierta resistencia contra fuego.

b) Principios Activos.

No existe hasta el momento ningún tratamiento que convierta milagrosamente a la madera en un material no combustible, sin embargo, algunos de los factores de riesgo pueden atenuarse mediante tratamientos.

Los productos retardantes al fuego actúan a varios niveles: aumentan la temperatura requerida para ignición, previenen o impiden la combustión sostenida, sus propios gases producidos por alta temperatura diluyen a los gases inflamables, disminuyen la velocidad de propagación de las llamas, como consecuencia de esto, es factible que al extinguir la fuente original del fuego, la producción de flama y brasas se autoextinga.

La explicación de los productos que actúan de esta manera no está aclarada del todo, pero interviene un fenómeno de recubrimiento que impide la entrada de oxígeno y salida de gases volátiles de la madera, modificaciones las características térmicas y pirólisis de la madera.

c) Elección de Productos.

Más que la elección de un producto determinado, es preferible seleccionar en qué sitios o piezas utilizar alguno de los métodos de protección mencionados.

3. Métodos de Aplicación.

a) Factores que Influyen en el Tratamiento.

Los factores que influyen en el tratamiento con retardantes al fuego son los mismos que para productos contra deterioro biológico: la anatomía de la madera, el proceso de aplicación, el producto que se utilice y el contenido de humedad de la madera.

b) Procesos sin Presión.

Algunas formulaciones comerciales pueden aplicarse por brocha, aspersión e inmersión, formando un recubrimiento protector.

c) Procesos a Presión.

El método de tratamiento más efectivo es a presión por el proceso de célula llena. Las retenciones recomendadas varían de:

24 a 96 Kg/m³ de madera.

d) Elección del Proceso.

La elección del proceso dependerá del riesgo que presente la pieza en el sitio que se instale.

4. Normas.

Existen normas ASTM sobre madera tratada para retardo de incendio, publicadas en el Libro Anual de Normas, Parte 14, algunas son: ASTM E 69-50, ASTM E 84-68, ASTM E 108-58, ASTM E 119-69, ASTM E 152-66, ASTM E 160-50, ASTM E 163-65, ASTM E 286-69.

IV RESUMEN.

Sintetizando, aunque la madera es susceptible al ataque de organismos y ofrezca riesgo de incendio, es un material con gran valor estructural. El medio más efectivo de incrementar su durabilidad consiste en prevenir su deterioro con un diseño estructural adecuado. Pero también, se puede recurrir al uso de madera con alto grado de durabilidad natural, combinación de materiales y tratamientos químicos contra biodeterioro y fuego.

V BIBLIOGRAFIA.

- ANDERSON, L. O., 1972. Condensation problems: their prevention and solution. U. S. D. A., For. Ser., Forest Products Lab. Research Paper FLP 132, 36 p.
- ASTM, 1973. Annual Book of ASTM Standards. Part 16. Philadelphia, 978 p.
- BIESTERFELDT, R. C., et al., 1973. Finding and keeping a healthy house. U. S. D. A., F. S., Southern Forest Experiment Station. Technical Report SO-1, 20 p.
- CARTWRIGHT, K. ST. G., y W. P. K. FINDLAY, 1958. Decay of Timber and its prevention. Her Majesty's Stationery Office. London, 332 p.

- FINDLAY, W. P. K., 1967. Timber Pests and Diseases. Pergamon Press Ltd. Saipem, 280 p.
- HOLMES, C. A., 1974. The fire performance of wood and its improvement by fire-retardants treatments. Proc. American Wood Preservers' Association 70: 95-102.
- HICKIN, N. L., 1971. Wood Preservation. The Rentokil Library, Hutchinsosn and Co., Ltd. Essex, 109 p.
- JOHNSTON, H. R., y V. K. SMITH, 1972. Subterranean termites, their prevention and control in buildings. U. S. D. A., Home and Garden Bulletin 64, 30 p.
- NICHOLAS, D. D., 1973. Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatments Vols. I y II. Syracuse University Press. Syracuse, 782 p.
- PINZON PICASEÑO, L. M., 1972. Ensayo de preservadores para madera contra hongos que causan la pudrición. Tesis Profesional de Biólogo. Fac. de Ciencias, U. N. A. M. México, 74 p.
- RICHARDS, B. R., 1974. Marine borers. Proc. American Wood Preservers' Association 70: 92-94.
- SCHEIN, E. W., 1968. The influence of design on exposed wood in buildings of the muret sound area. U. S. D. A., F. S., Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station. Portland, 45 p.
- WILLIAMS, L. H., y H. R. JOHNSTON, 1972. Controlling wood destroying beetles in buildings and furniture. U. S. D. A., Leaflet 558, 8 p.

VI APENDICE.

1. Venta de Productos Preservadores.

(C-55, Osmosales, OZ, K-8, K-33)

Osmose Mexicana, S. A. de C. V.

Ferrocarril de Cuernavaca # 334.

col. Olivar de los Padres

Méx. 20, D. F.

Tel. 595-25-10

(Pentaclorofenol-"Preservativo para madera 892)

Resistol, S. A.

Calz. Azcapotzalco-La Villa # 705

Tel. 587-01-00

(Pentaclorofenol="Pentarin")

Polaquimia, S. A.

Azahares # 26

Col. Sta. María Insurgentes

Tel. 583-35-57

(CCA-A="Sales Wolman")

Koppers de México, S. A.

Insurgentes Sur # 421 Edif. B - 404.

México 11, D. F.

Tel. 584-25-05

(Pentaclorofenol="Pentadragon")

Agricultura Nacional, S. A.

Tochtli # 352.

México 16, D. F.

Tel. 561-20-11

2. Plantas de Tratamiento.

Industrias Forestales Hermott, S. A.

Av. Morelos # 32

Tecamachalco, Los Reyes, Méx.

Tel. 585-08-33

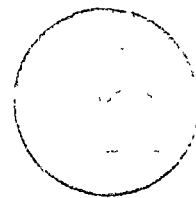
Ocnose Mexicana, S. A. de C.V.
(Citada arriba)

También existen plantas de impregnación en: Chihuahua, Chi.,
Parral, Chi., Durango, Dgo., Guadalajara, Jal., Las Vigas, Ver.,
y Mazatlán, Sin.





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS EN MADERA.

APLICACIONES ESTRUCTURALES DE LA MADERA.

ING. FRANCISCO ROBLES FERNANDEZ

APLICACIONES ESTRUCTURALES DE LA MADERA

Francisco Robles

Universidad Autónoma Metropolitana

"La madera es el único material vivo que se emplea en la construcción y, como todo lo que proporciona la vida, es algo menos rígido que los otros. El atractivo que tiene la madera procede, en gran parte, de sus cualidades vitales."

Eduardo Torroja, en "Razón y ser de los tipos estructurales"

1. INTRODUCCION

El interés actual en la madera como material estructural obedece en gran parte a que es un material vivo. En efecto, como ha dicho el Dr. Blomquist, "la madera es el único recurso natural renovable que puede producirse y manejarse como una cosecha y que tiene buenas propiedades estructurales". En esta época en que nos preocupa por una parte la crisis de energías y de minerales y por otra la creciente contaminación ambiental, parece que debería estar en auge un material como la madera, cuya transformación en material de construcción implica menor consumo de energía y menor contaminación del aire

y del agua que los que caracterizan a la fabricación de materiales tales como el acero, el cemento, el aluminio y los tabiques. Debido a la ligereza de la madera, el ahorro de energéticos se consigue no sólo en los procesos de elaboración sino también en el bajo costo de transporte.

Por otra parte contribuye al interés de la madera como material estructural, el que la producción de productos derivados de la madera puede dar origen a multitud de industrias que podrían constituir una importante fuente de ingresos para los ejidos y para la población rural en general. Una ventaja de las industrias de la madera es que, por regla general, requieren inversiones iniciales bajas. Además las plantas pueden ser relativamente pequeñas sin menoscabo de su eficiencia.

La naturaleza viva de la madera se refleja en lo complejo de su estructura. Tanto sus cualidades como sus limitaciones se derivan de esta estructura. En las palabras de Torroja: "Las fibras son la característica constitutiva esencial de la madera. La fibra le da su belleza, su expresión resistente, su estructura vital." La estructura fibrosa de la madera es el origen de su naturaleza anisótropa, que constituye un inconveniente desde el punto de vista de su uso como material estructural: es resistente a los esfuerzos normales paralelos a

las fibras, pero es débil ante estas acciones en sentido perpendicular a ellas. También es baja su resistencia a esfuerzos cortantes paralelos a las fibras. Por otra parte, es en las fibras donde reside el atractivo estético de las variadas texturas de la madera.

Una ventaja importante de la madera es su ligereza. Es de los materiales que puede desarrollar una mayor fuerza de tensión o compresión por unidad de peso.

Constituye una limitación de la madera la forma en que se encuentra en la Naturaleza: en piezas rectas de longitud mayor que sus dimensiones transversales. Tanto el tamaño como la forma imponen restricciones a las escuadrías posibles.

Desventajas adicionales de la madera son su tendencia a los cambios volumétricos con los cambios de humedad del ambiente, el aumento progresivo con el tiempo de las deformaciones bajo carga permanente, la dificultad de realizar uniones adecuadas, el peligro de pudrición bajo la acción de determinados organismos vivos y el peligro de incendios. Estos inconvenientes, que pueden contrarrestarse en grado razonable; a veces se exageran. Incluso el comportamiento ante incendios, puede ser más favorable que el de otros materiales. La durabilidad puede ser considerable. Existen techos en Inglaterra que datan del siglo XIII y es frecuente encontrar elementos de chicc-

apote en las ruinas mayas que todavía cumplen con su función estructural.

No obstante sus inconvenientes, el interés de la madera como material estructural parece claro. Sorprende que en México, cuyas reservas forestales son apreciables, su uso esté restringido a la construcción de viviendas rudimentarias; de cimbras y obras falsas para estructuras de concreto, y, ocasionalmente, de algún techo para instalaciones industriales o lugares de reunión, y a la elaboración de durmientes de ferrocarril y postes para la transmisión y distribución de energía eléctrica.

2. ALGUNOS ANTICEDENTES HISTORICOS

La madera fue el primer material utilizado por el hombre, con capacidad para resistir tensión y compresión, y, por lo tanto, flexión. Se mencionan algunos ejemplos de usos de la madera en épocas pasadas.

2.1 Viviendas paleolíticas de Rusia

Los indicios más antiguos del uso de la madera.

2.2 Palafitos y viviendas comunales del neolítico

2.3 Viviendas de la época preclásica en México

2.4 Arsenal de Pireo

2.5 Puentes galos y chinos

2.6 ~~monumental obra de ingeniería romana~~ Puente de Trajano

Diseñado por Apolodoro. 99 d. de J.C. 20 pilas y un claro total de aproximadamente un kilómetro.

2.7 Antigua catedral de San Pedro en Roma.

326 d. de J.C.

2.8 Techos de madera en Inglaterra.-

Viviendas y edificios religiosos. /badía de Westminster

(siglo XIII).

2.9 Techos de madera en China.

2.10 Techos de armaduras durante el Renacimiento.

Palladio, siglo XVI.

2.11 Obra falsa para levantar el obelisco de la Plaza de
San Pedro

Se cambió en el siglo XVI desde su antiguo lugar en el
Circo Máximo. Peso: 327 toneladas. Proyecto Doménico Fontana.

2.12 Puentes cubiertos suizos y americanos

Puente de Schaffhausen en Suiza. 120 metros. Construido
inicialmente con un apoyo al centro. Siglo XVIII. Destruído
por los franceses en 1799. Puentes semejantes fueron construi-
dos en Nueva Inglaterra en los siglos XVIII y XIX. El objeto de
la cubierta era proteger la cubierta.

3. EVOLUCIÓN DE LAS FORMAS ESTRUCTURALES EN MADERA

3.1 El poste

El árbol vivo sugiere el uso estructural de la madera como soporte vertical: el poste empotrado en el suelo. Puede usarse sin labrar.

3.2 La viga

El árbol caído sugiere el uso de la madera como viga.

Los primeros puentes y techos se hicieron con troncos sin labrar. Siguió el empleo de la madera labrada o aserrada. Un caso importante fue el invento del machihembrado, que permite la transmisión transversal de cargas.

3.3 La armadura

Las limitaciones en escuadría de la madera restringen los claros en que pueden usarse elementos sujetos a flexión. La

triangulación se desarrolló como una forma de salvar claros grandes con poco peso. En las armaduras trianguladas el material se usa con gran eficiencia puesto que los miembros ^atrabajan en compresión o tensión uniformes en toda su sección y longitud. Los primeros intentos de triangulación se hicieron con madera para techos de dos aguas. En los puentes de madera la triangulación ha sido siempre un elemento esencial. Aun hoy es uno de los recursos estructurales más comúnmente utilizados.

3.4 Madera laminada-pegada

Los miembros de madera laminada pegada o encolada están formados por tablas que varían en espesor de 5/8" a 2". Cada tabla puede ser de longitud relativamente pequeña. Para obtener piezas de dimensiones importantes pueden usarse varias tablas en cada capa. Si la unión entre las tablas se hace adecuadamente la resistencia de las juntas es semejante a la de la madera maciza.

Las vigas de madera laminada pueden hacerse con las láminas perpendiculares o paralelas al plano de flexión, siendo mayor la resistencia en el primer caso. Aunque la sección rectangular es la más común, pueden fácilmente lograrse secciones I, T y otras. Además pueden combinarse elementos de madera laminada con placas de triplay para formar distintos tipos de secciones compuestas. En algunos países se fabrican series de

diversos tipos de secciones estandarizadas.

Entre las ventajas de la madera laminada pueden citarse las siguientes:

- i) Pueden utilizarse piezas pequeñas de madera de grados inferiores en la construcción de grandes miembros estructurales. Se han construido estructuras de más de ¹⁰⁰~~20~~ metros de claro.
- ii) Se pueden hacer miembros curvos y miembros de peralte variable.
- iii) La madera de calidad más resistente puede colocarse en aquellas partes del miembro donde los esfuerzos sean críticos, y la de calidad inferior, en donde los esfuerzos sean menores.
- iv) Un miembro laminado, de gran sección transversal, resiste mejor al fuego que un tipo de construcción en el que se depende de piezas pequeñas separadas.
- v) En el diseño de elementos laminados se suelen admitir esfuerzos permisibles mayores que para elementos macizos porque: a) se cuenta con una mayor uniformidad gracias a la selección de las tablas utilizadas, b) existe una mayor dispersión en los defectos naturales, c) el secado es uniforme y completo gracias al pequeño espesor de las tablas.

Al escoger el adhesivo o la cola para formar los miembros laminados deben tenerse en cuenta las condiciones de servicio en que ^{se} encontrarán. Si los miembros van a estar expuestos a un ambiente húmedo debe usarse un adhesivo resistente a la humedad, como el resorcinol-formaldehído u otras resinas sintéticas semejantes. Para miembros protegidos de la intemperie puede utilizarse la caseína. La urea suele prohibirse como adhesivo por su comportamiento poco satisfactorio en cuanto a durabilidad.

3.5 Madera contrachapada (triplay)

La madera contrachapada o triplay está formada por un número impar de capas delgadas de madera, generalmente 3, 5 ó 7, pegadas de manera que las fibras de cada capa quedan normales con respecto a las de las fibras de las capas contiguas.

Generalmente el triplay se suministra en placas de 4'x8', con espesores que varían entre 5/16" y 1-1/8". En algunos casos se fabrican placas de 5' por longitudes diversas.

Al combinar las capas que forman el triplay de manera que ~~harmosamentación~~ las fibras de las diversas capas sean normales entre sí, se obtiene un material prácticamente isótropo en el plano, es decir, con características ^{mechanicas} análogas en las direcciones longitudinal y transversal. Por su naturaleza isótropa, el triplay es un material más ventajoso que la madera ordinaria en elementos sujetos a esfuerzos biaxiales como los que

se presentan en el alma de las vigas y en los diafragmas sometidos a fuerzas cortantes en su ^oplano.

El triplay tiene aplicaciones estructurales diversas. Se utiliza con frecuencia en cimbras, donde es especialmente provechoso cuando se requiere formar superficies curvas. Se presta a la construcción de techos a base de placas plegadas u otros sistemas estructurales semejantes. En muchos países se emplea en paneles fabricados para viviendas. Combinándolo con piezas de madera ordinaria o laminada se pueden hacer vigas de distintos tipos, que alcanzan claros hasta de 10 metros. El triplay se utiliza en estos elementos como alma, cuya función principal es resistir las fuerzas cortantes. La liga entre los distintos elementos se logra por medio de clavos o cola, o combinaciones de ambos medios de unión.

3.6 Marcos rígidos y arcos

La técnica de la madera laminada ha hecho posible la construcción de marcos rígidos y arcos de formas muy variadas y de claros importantes.

3.7 Estructuras a base de lamelas

Los techos de lamelas están formados por piezas de madera, o "lamelas", relativamente cortas y de ^Mlogitud uniforme. Las piezas se unen por medio de pernos, para formar ~~diversas~~ cubiertas de formas diversas que pueden alcanzar claros consider-

bles. Las retículas de lamelas forman mmmm arcos de piezas que se arriostran las unas a las otras.

3.8 Materiales diversos derivados de la madera

Existe una multitud de productos derivados de la madera que tienen aplicaciones estructurales. Su interés es doble: permiten aprovechar los desperdicios de la madera y pueden diseñarse para que reúnan propiedades específicas requeridas para determinada función estructural.

3.9 Paneles sandwich

Están formados por capas exteriores de un material resistente (triplay, láminas de derivados de la madera) y capas ligeras (poliestireno, poliuretano, papel con estructura de panel, etc.). Las capas exteriores proporcionan la resistencia y el material interior, el aislamiento.

4. CAMPOS DE APLICACION DE LA MADERA

4.1 Vivienda

4.2 La madera como auxiliar de la construcción

Cimbras, obras falsas, andamios, *ataquías*.

4.3 Puentes

Carreteros y de ferrocarril.

4.4 Pilotes

4.5 Durmientes

4.6 Estructuras eléctricas

4.7 Construcciones provisionales

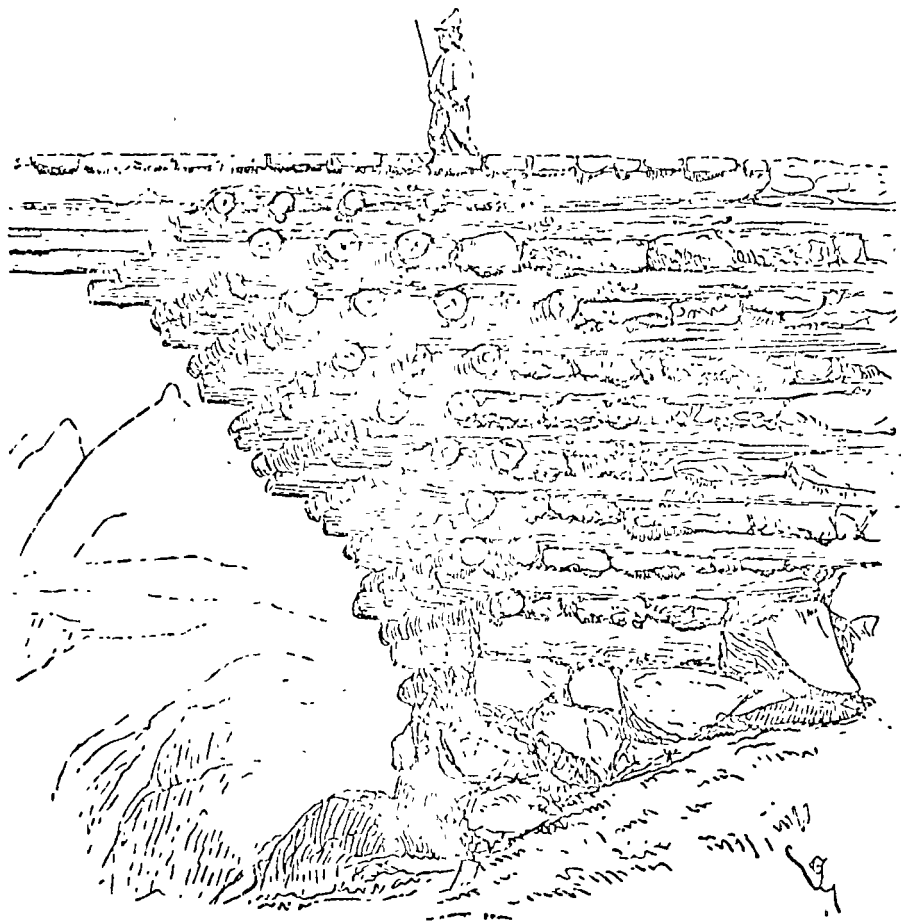
Puentes y edificios provisionales.

4.8 Obras portuarias

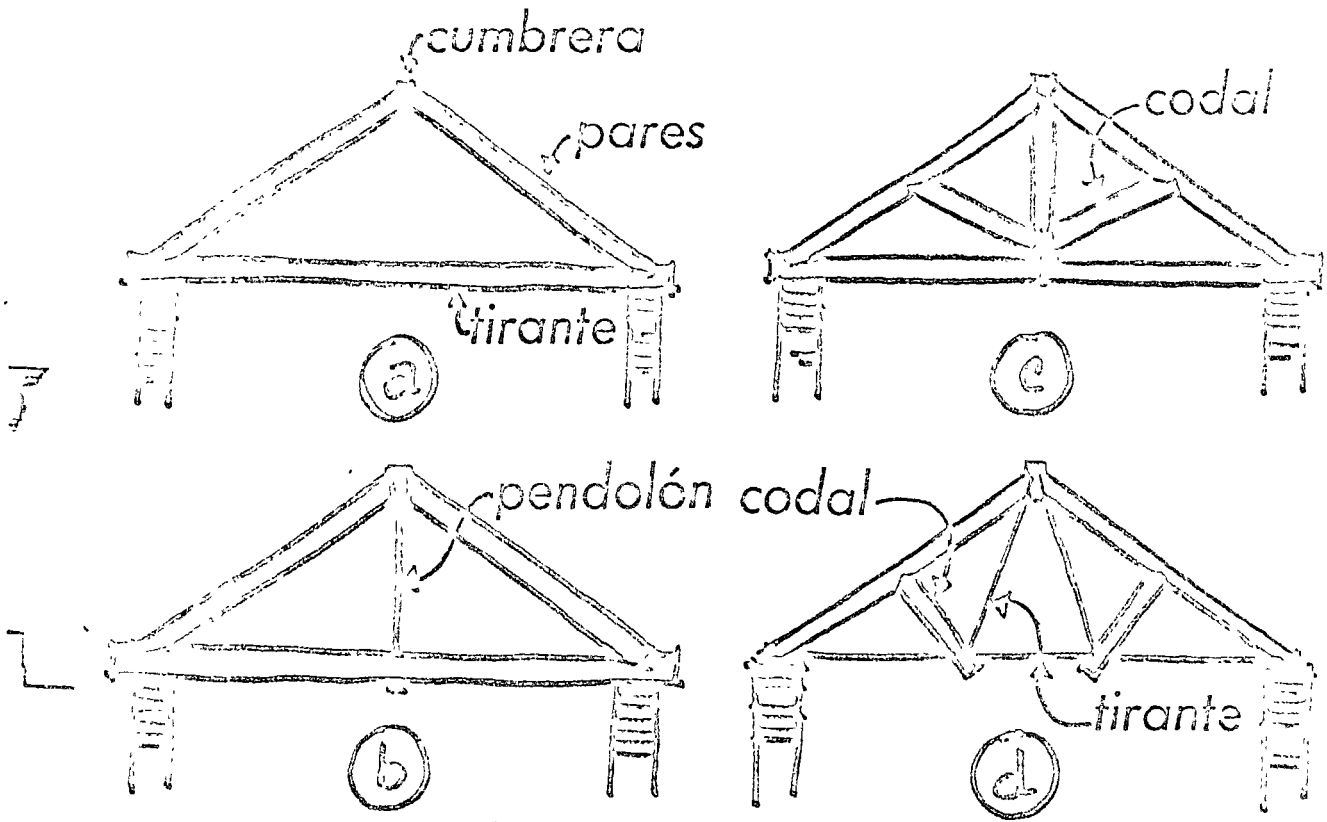
4.9 Edificios diversos

REFERENCIAS

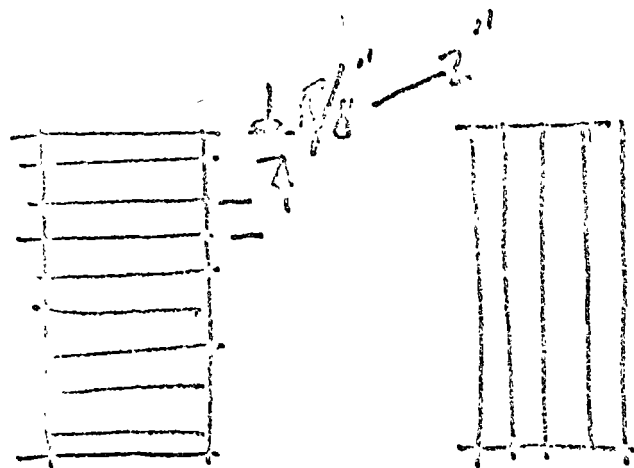
1. G. S. Sandström, "Man the Builder", McGraw Hill, Nueva York, 1970.
2. E. Torroja, "Razón y ser de los tipos estructurales", Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento, Madrid, 1960.
3. F.A. Randall, "Historical Notes on Structural Safety", ACI Journal, oct 1973.
4. H. J. Hopkins, "A Span of Bridges", Nueva York, 1970.
5. Banister Fletcher, "A History of Architecture under the Comparative Method", 17th ed., The Athlone Press, Londres, 1967.
6. "Pile Foundations Know-How", American Wood Preservers Institute, Washington, 1969.
7. Ingénieur "Marina Design and Construction", Pressure-Treated Wood Industry, 1969.
8. G. Gurfinkel, "Wood Engineering", Southern Forests Association, New Orleans, 1973.
9. H. J. Andrews, "An Introduction to Timber Engineering", Pergamon Press, Oxford, 1967.
10. Timber Engineering Company, "Timber Design and Construction Handbook", McGraw Hill, Nueva York, 1956.
11. C. A. Chaney, "Marinas", National Association of Engine and Boat Manufacturers, Inc., Nueva York, 1961.
12. R. J. Hoyle, "Wood Technology in the Design of Structures", Mountain Press Publishing Co., Missoula, Montana, 1973.



PUENTE GALD



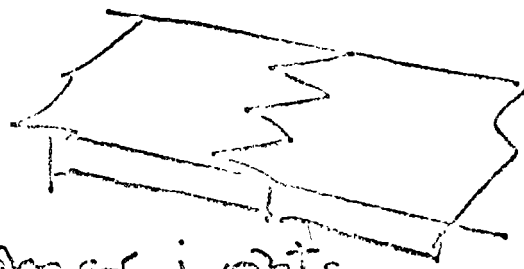
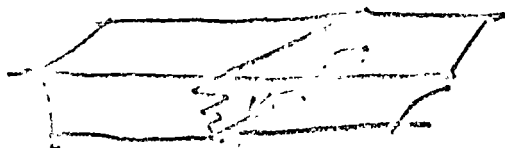
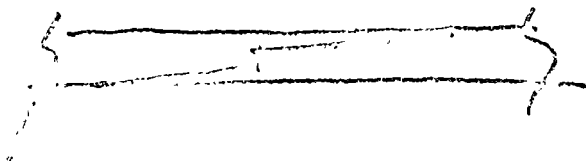
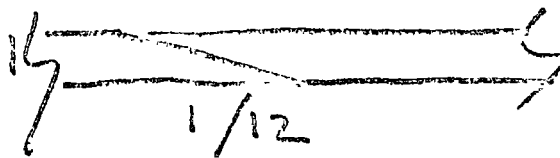
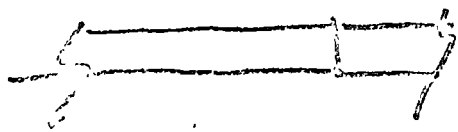
EVOLUCION DE
LA ARMADURA



Láminas
horizontales

Láminas
verticales

MADERA LAMINADA



finger joints

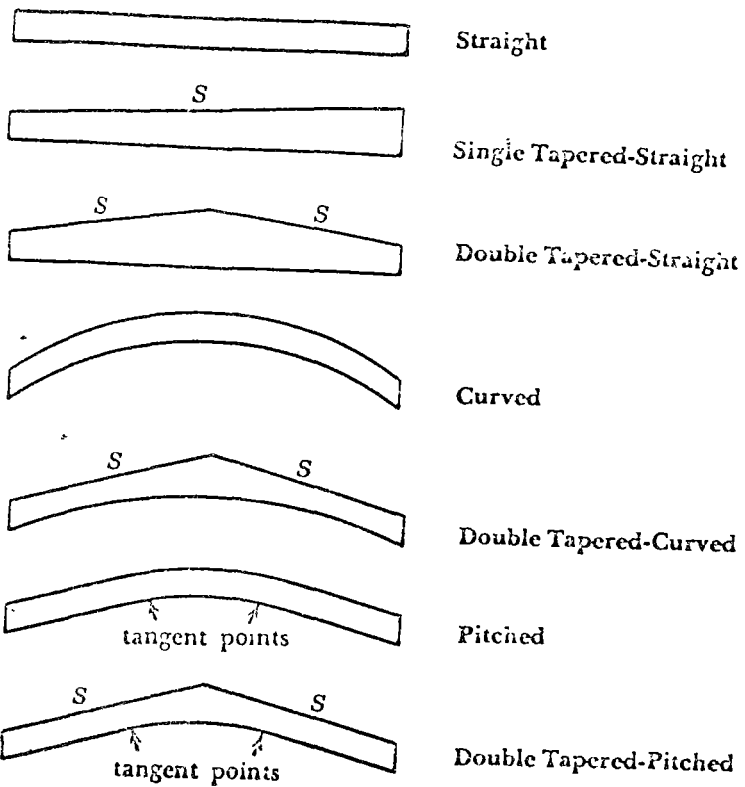
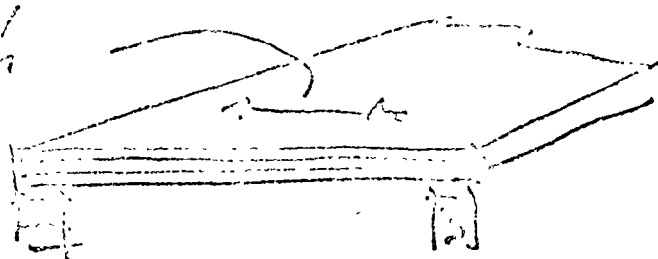


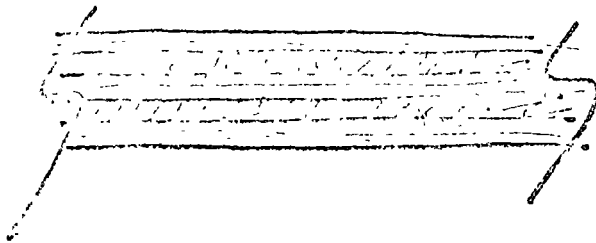
Figure 1.

TIPOS DE VIGAS
DE MADERA
LAMINADA

dimension
plates
on
caps
supported

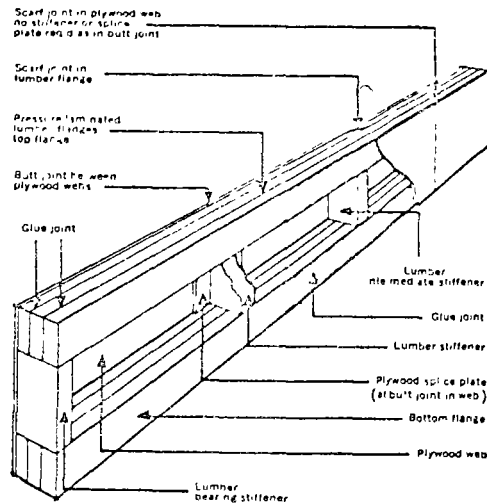
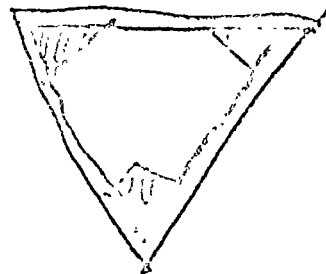
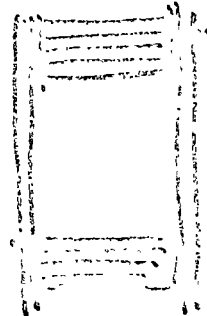


5



L
T

5/10" or 1 1/8"
on 3, 5, 7
caps



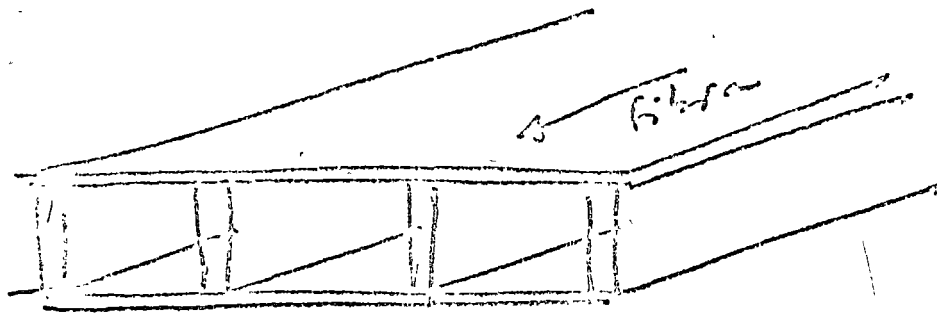
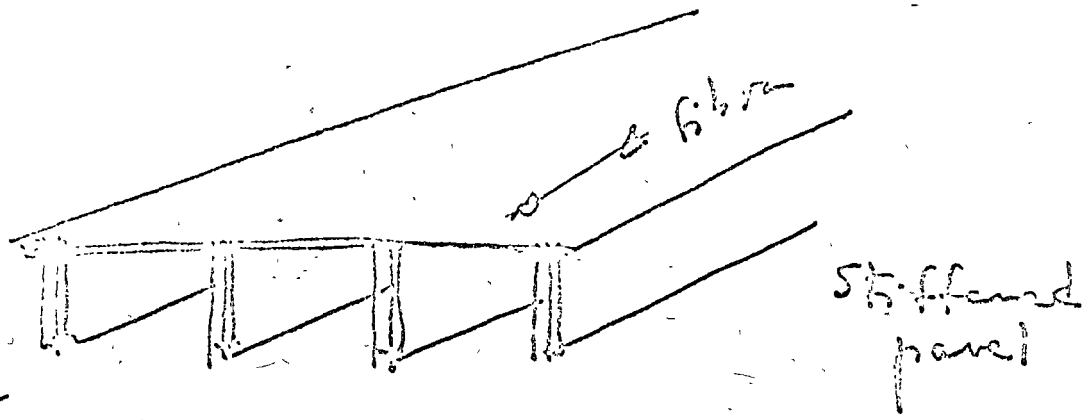
TRIPLE

typical cross sections showing beam types

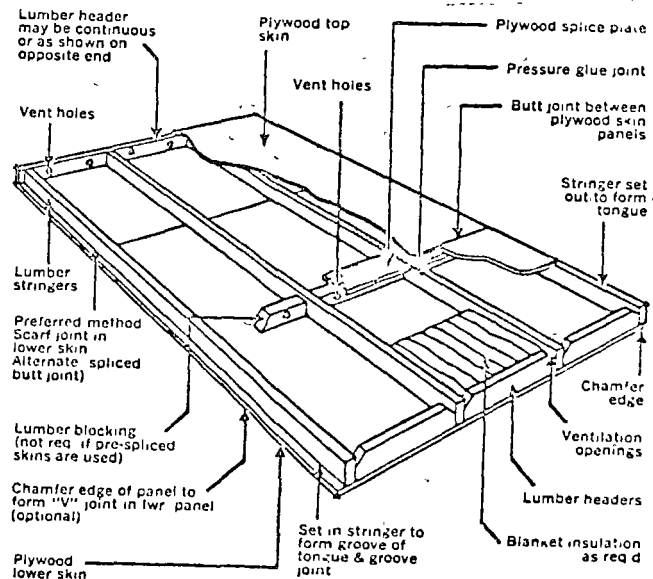


Figure 4.6—Box-Beam Using Plywood Webs. From Ref. 6.

6

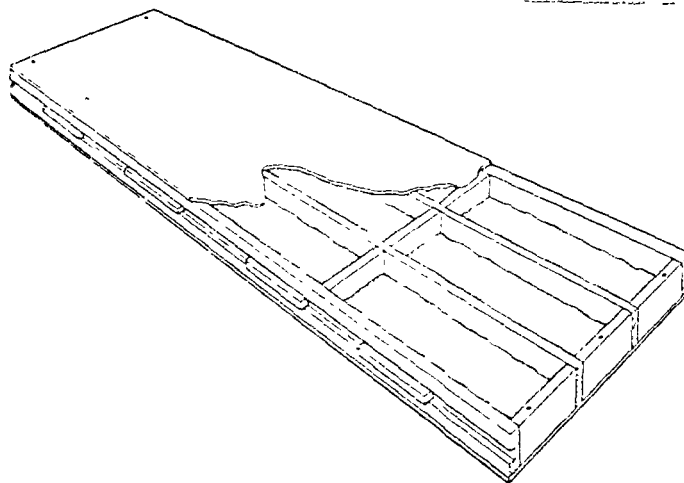
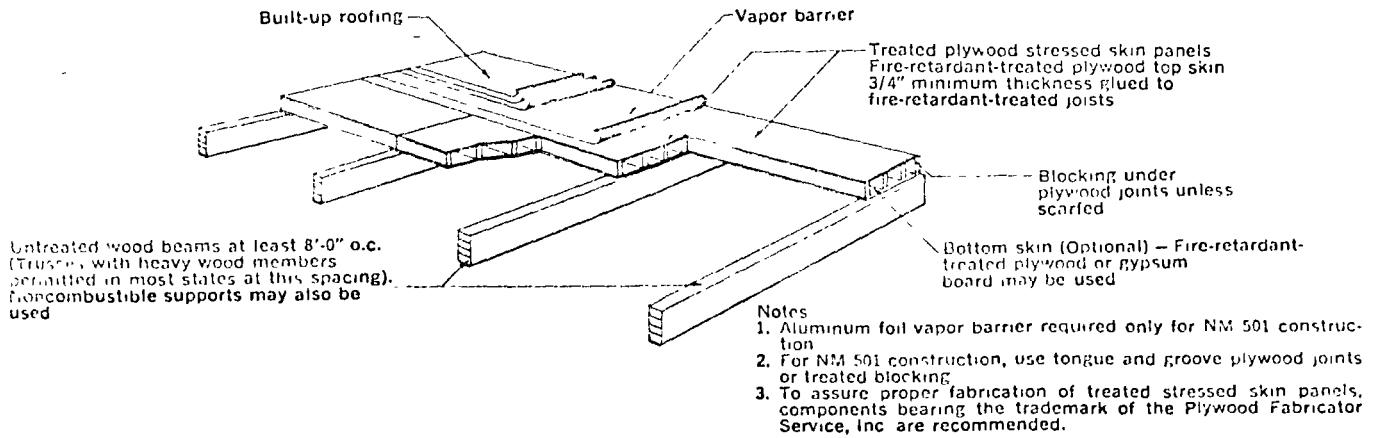


12 in

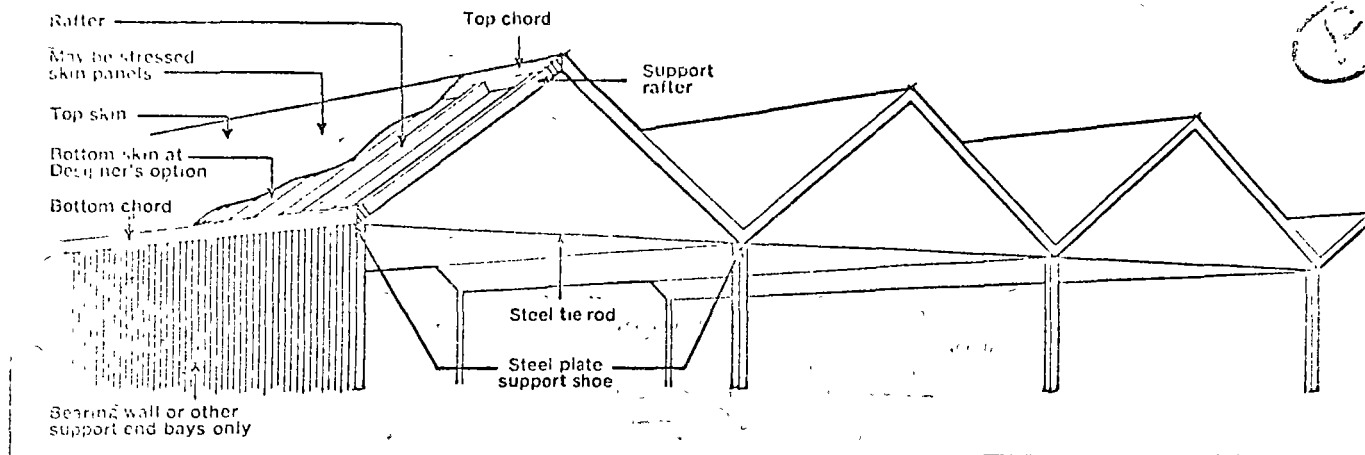


PANELES DE
TRIPOLY

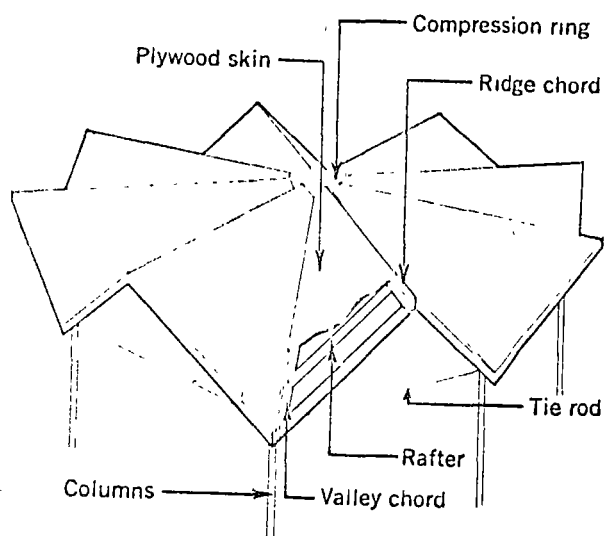
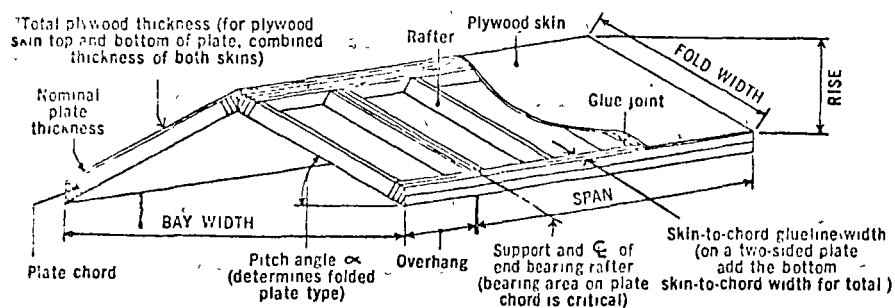
Fig. 20 — Treated stressed skin panel construction



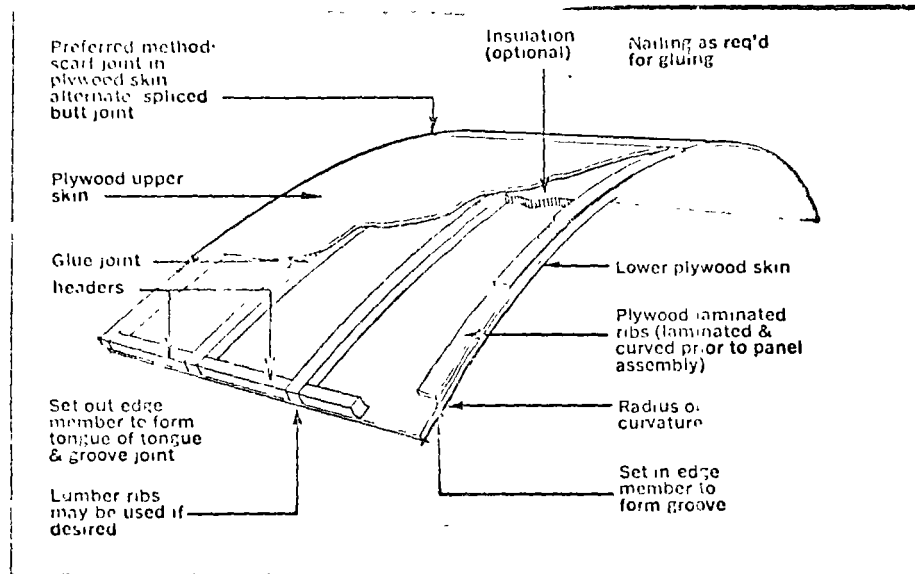
USO DE PANELES
DE TRIPLY



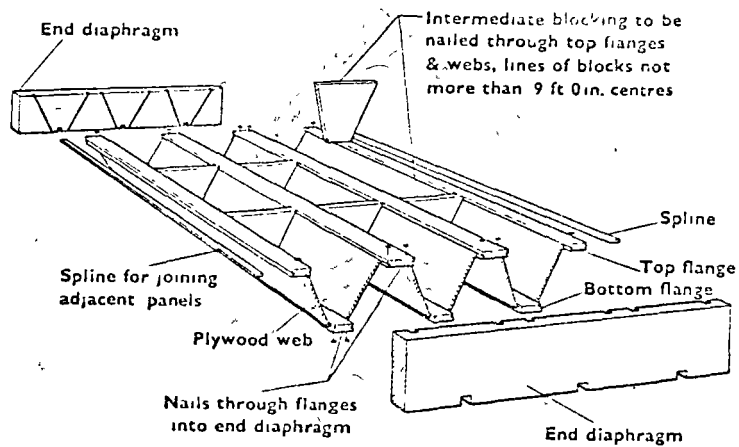
Glued plate construction—in-plant assembly



PLACAS
PLEGADAS
DE TRIPLAX

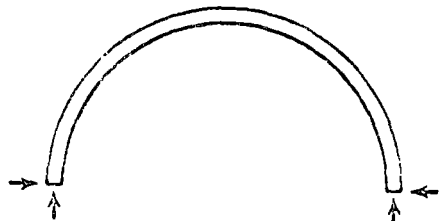


ELEMENTOS
CURVOS DE
TRIPLY

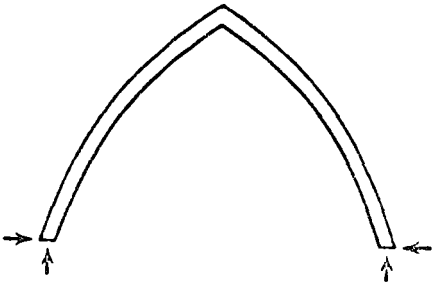


SISTEMA DE
PISO DE
TRIPLY
PATENTADO

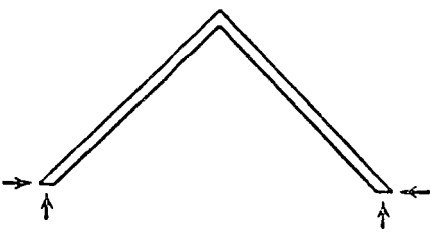
12



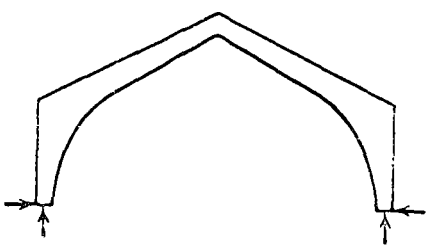
Radial



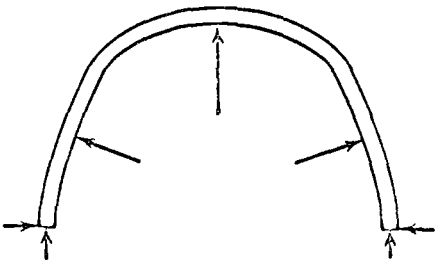
Gothic



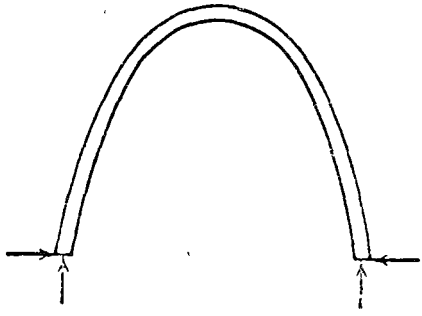
A-Frame



Tudor



Three-Centered



Parabolic

Figure 2.

ARCOES

12

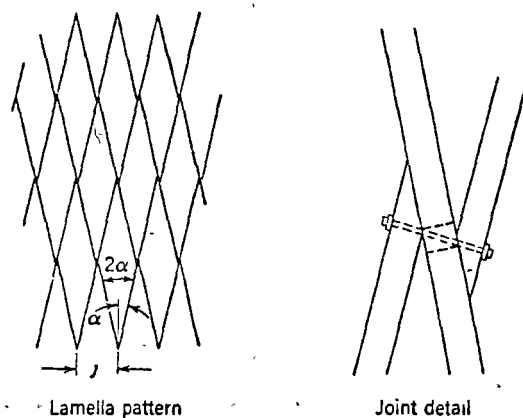
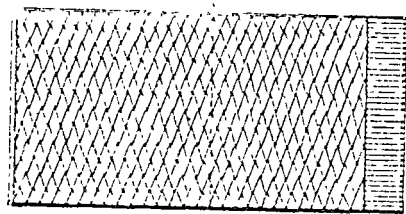
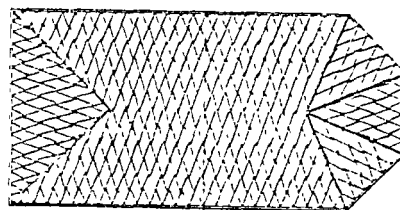


Figure 4.15. LAMELLA PATTERN AND JOINT DETAIL.



a.

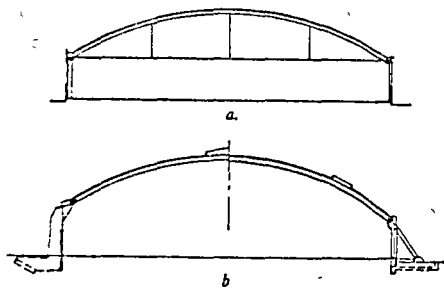


b.

Fig. 6.6 Lamella roof, continuous and raftered ends

Fig. 6.7 Lamella roof, broached ends

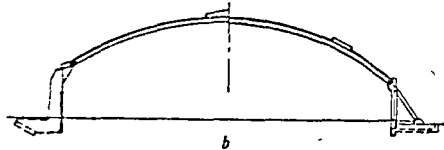
a. Continuous
b. Raftered



a.



c.



b.



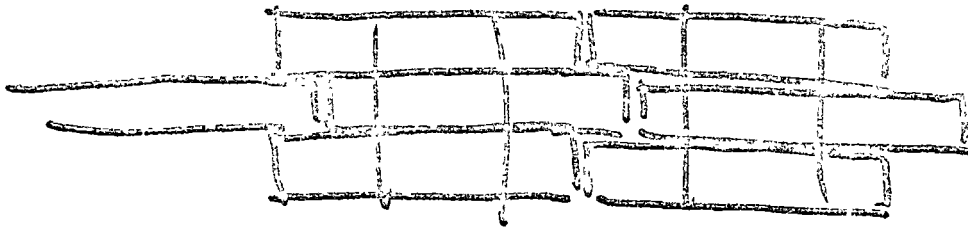
d.

Fig. 6.4 Types of lamella roofs

a. Tied segmental arch
b. Buttress segmental arch

c. Parabolic arch
d. Gothic arch

TECHOS DE
LAMELAS



ATAGUINAS
DE TRES
TABLONES

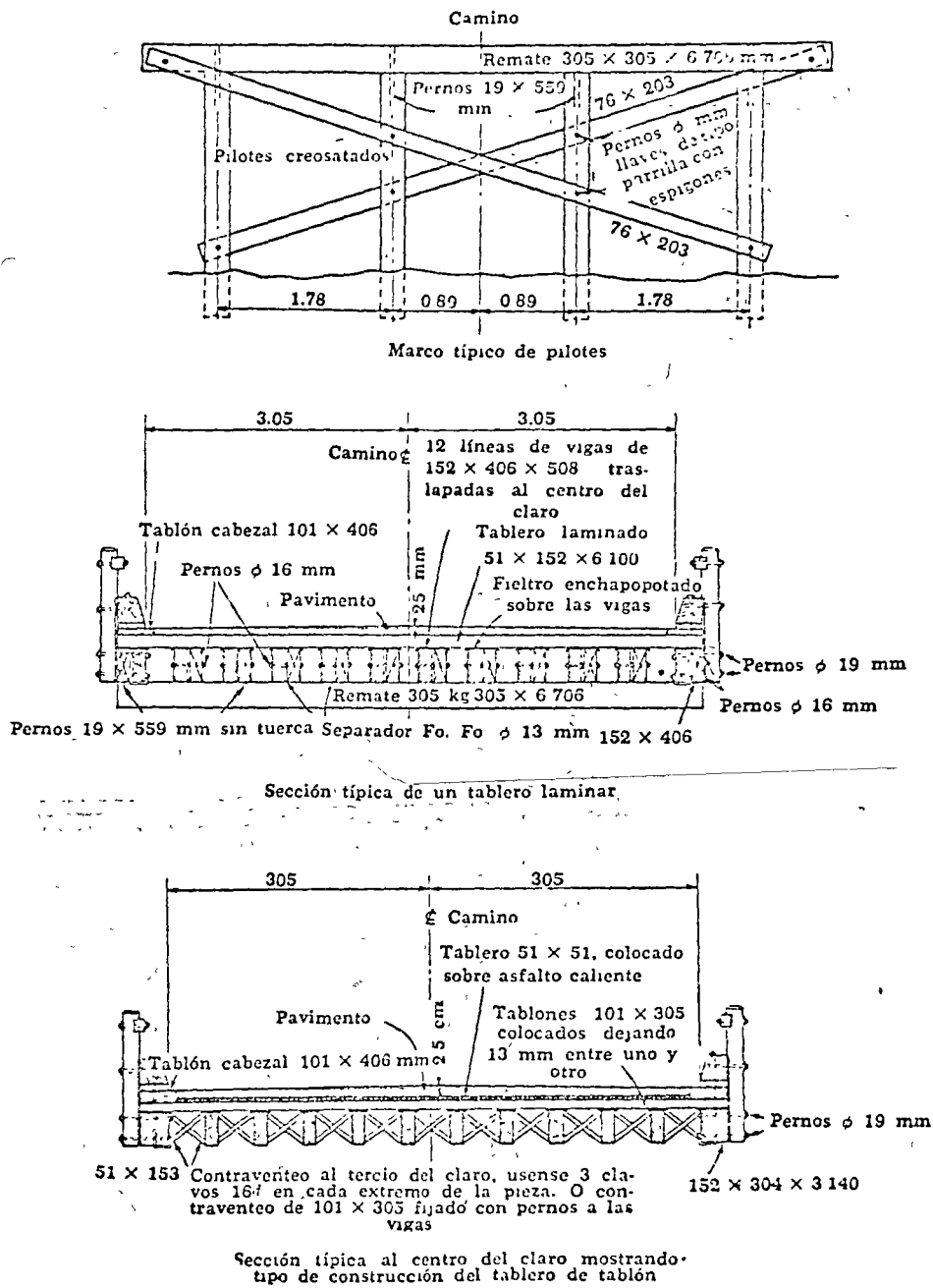


FIG. 110. Detalles de un puente sobre caballetes

PUENTES

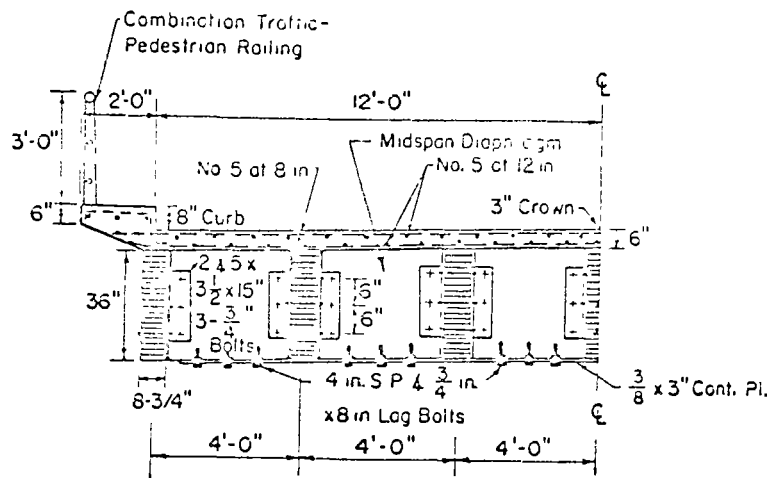


Figure 9.10—Transverse Semi-section of Composite Wood-Concrete Beam Bridge.

DESIGN OF WOOD BRIDGES

269

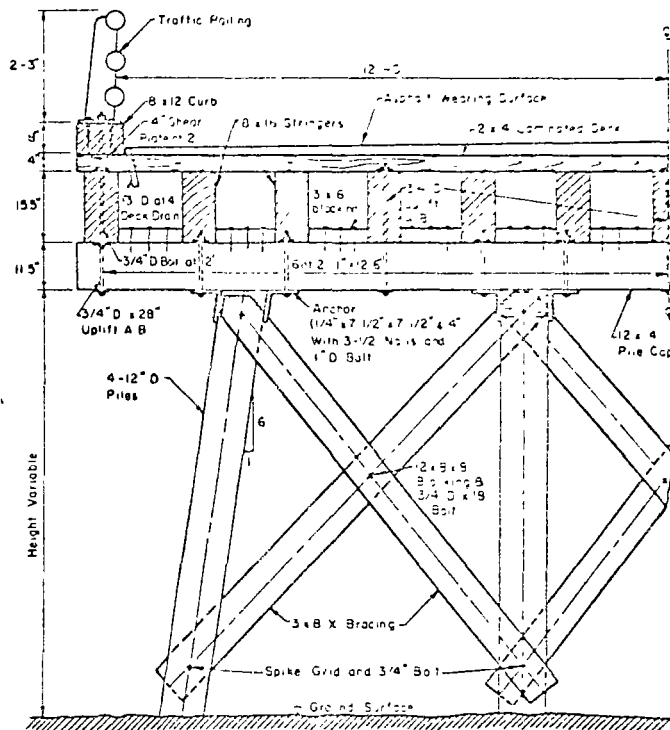
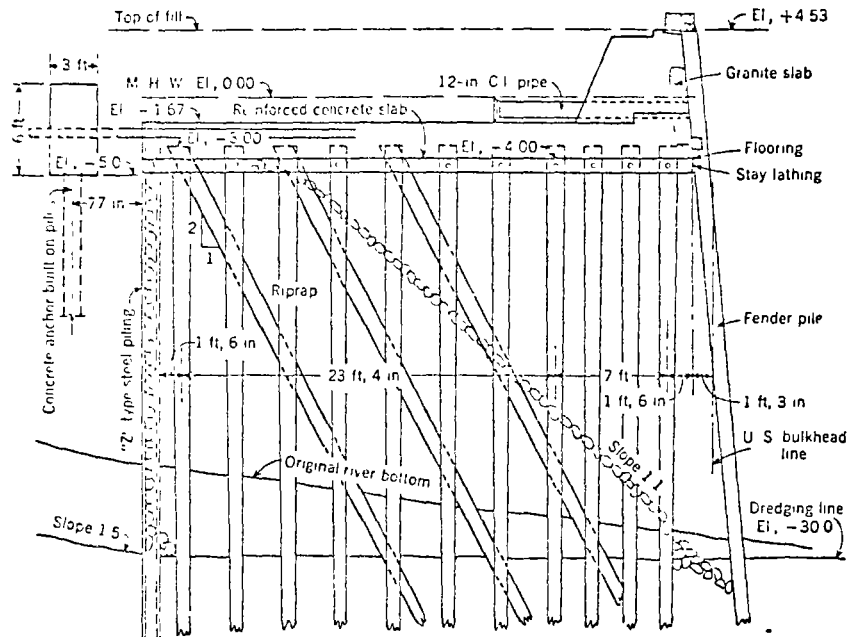
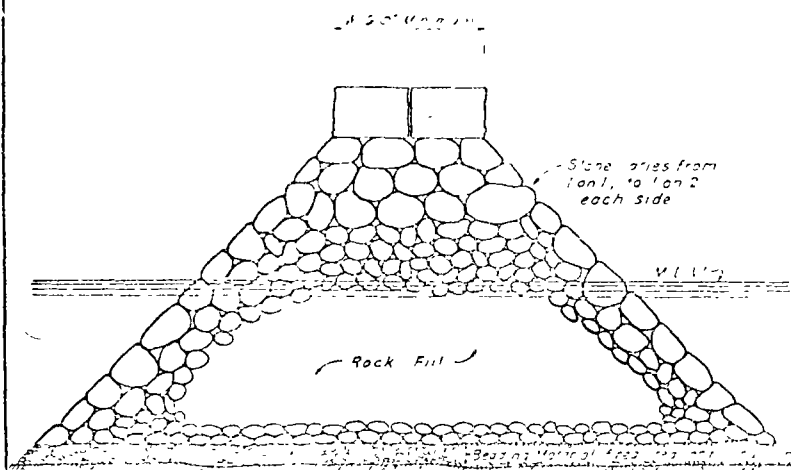


Figure 9.3—Transverse Section of Trestle

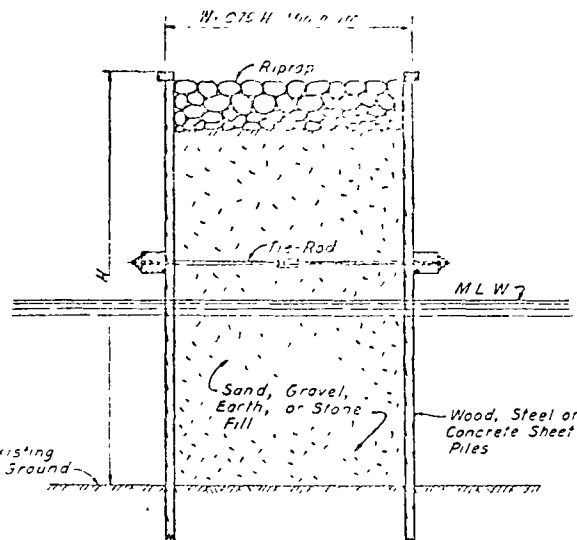
Puentes



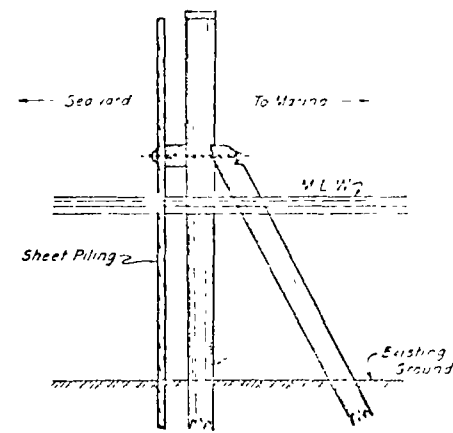
ESTRUTURAS
PORTUARIAS



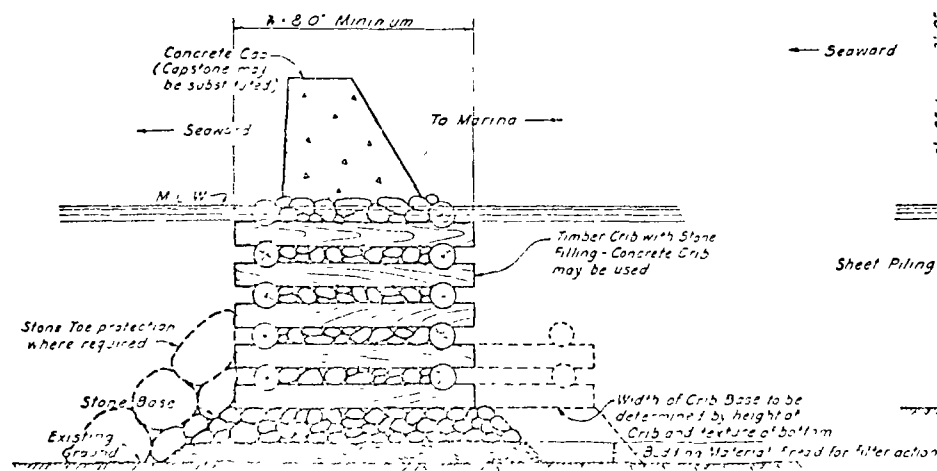
TYPE "A"
RIPRAP MOUND



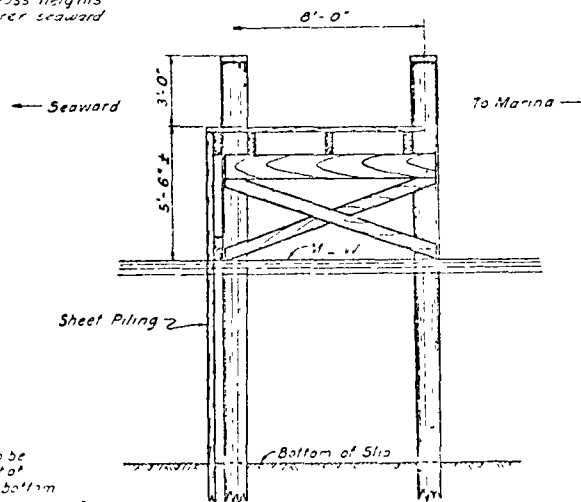
TYPE "B"
FILLED SHEET PILES



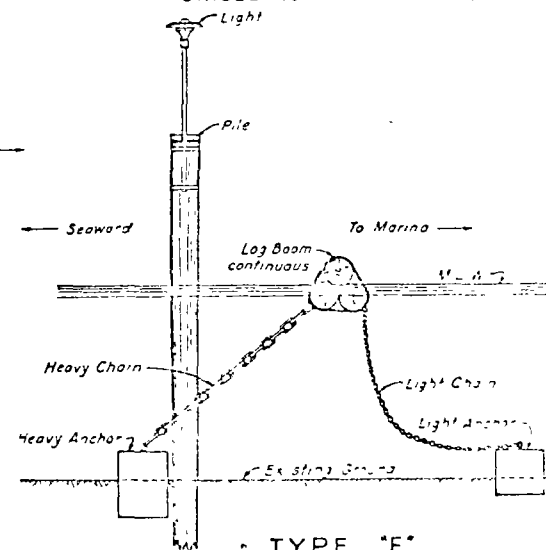
TYPE "C"
SINGLE ROW PILES - BRACED



TYPE "D"
TIMBER CRIB WITH CONC CAP



TYPE "E"
PIER WITH SHEET PILES



TYPE "F"
LOG BOOM

TYPICAL PLEASURE BOAT BASIN
BREAKWATER TYPES

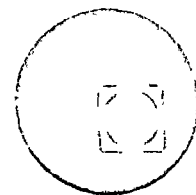
SCALE NOT TO SCALE

DRAWING NO. 19

ESTIMATED COSTS FOR BREAKWATER TYPES



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PROYECTO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE MADERA.

TEMA: CARACTERISTICAS DE LA MADERA.

ING. RAMON ECHENIQUE MANRIQUE.

CARACTERISTICAS DE LA MADERA

Dr. Ramón Echenique-Manrique
Laboratorio de Ciencia y
Tecnología de la Madera (LACITEMA)
Instituto de Biología, UNAM.

Definición:

La madera es un conjunto de células, huecas, alargadas cemen
tadas entre sí (fibras) que en el árbol vivo funcionan para el sos
tén del mismo y como conductoras de soluciones alimenticias y de
desecho.

Componentes básicos.

Los tres componentes básicos de las células (madera) son la
celulosa que se puede considerar como el armazón, las hemicelulo-
sas funcionan como matriz y la lignina que es el cementante de los
componentes. Además pueden existir en cantidades y tipos variables,
extractivos que son sustancias orgánicas depositadas en los espa-
cios libres de la madera. Desde el punto de vista de resistencia
mecánica componentes importantes son la celulosa, hemicelulosa y
la lignina que en conjunto forman las paredes de las fibras.

Anisotropía.

La madera es un material anisotrópico, o sea que todas sus -
propiedades varían de acuerdo con sus tres ejes estructurales, los
cuales desde un punto de vista teórica forman ángulos rectos entre

sí. El eje longitudinal o axial (L) puede definirse como aquel que corre paralelamente a lo largo del tronco o de las fibras, el radial (R) es perpendicular al longitudinal, paralelo a los rayos (los rayos corren paralelos a una línea recta de la médula o centro del árbol a la superficie del tronco), y el tangencial (T) perpendicular al axial y al radial y tangente a los anillos de crecimiento o circunferencia del tronco. En forma similar la madera tiene tres planos estructurales perpendiculares entre sí: el transversal (TR) delimitado por los ejes tangencial y radial; el radial (RL) - comprendido entre los ejes radial y longitudinal; y el tangencial (TL) que se forma con la intersección de los ejes tangencial y longitudinal.

Grupo de madera

Existen dos grandes grupos de árboles de donde proviene la madera:

- a. Maderas de angiospermas, latifoliadas, hojosas o de hoja caduca. Ejemplos de este grupo son cedro rojo, encino, aile, etc.
- b. Maderas de gimnospermas o coníferas. La madera de pino, sabino, oyamel, etc. son ejemplos de este grupo.

En México la madera de pino es la más abundante en el mercado y la más comúnmente usada en la construcción. Son más de 50 tipos de madera de pino que se producen en el país, sin embargo hasta la fecha este tipo de madera no se comercializa por especie o grupos de especies con características similares. También, en el mercado nacional la madera no se clasifica en base a sus posibles -

usos estructurales, sino únicamente desde el punto de vista del uso que se le puede dar en la manufactura de muebles, cancelas, etc. Mas adelante se presentará un método para clasificar madera desde el punto de vista estructural que podría ser adoptado por usuarios, distribuidores y productores.

Características Físicas

Peso

El peso total de la madera está dado por el peso del agua que contiene y el peso de la sustancia madera. La cantidad de agua en la madera puede contribuir significativamente al peso total de la madera, llegando en algunas especies a más del 200 por ciento. Es por esto que los valores de densidad, gravedad específica, peso específico aparente son de poco valor, en especial como índices de las características físico-mecánicas de la madera si no se especificó el contenido de humedad al que se hizo la medición. La madera de pino que comúnmente se usa en la construcción tiene densidades que van de 0.33 a 0.60 gr/cm³. (Peso anhidro, volumen "verde" PA/VV).

Contenido de humedad

El contenido de humedad de la madera se define como relación entre el peso del agua en la madera respecto al peso anhidro de la misma, relación que se expresa en forma de porcentaje.

$$\text{Contenido de humedad \%} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de la madera anhidra}} \times 100$$

El contenido de humedad de la madera de pino recién aserrada puede tener valores hasta de mas 200 porciento. La que se suministra para la construcción tiene contenidos de humedad de 7 a 50 - porciento aproximadamente. El agua en la madera puede estar localizada principalmente en dos sitios: en los huecos de las fibras como agua "libre" y dentro de las paredes de las fibras como agua "fija". Al someter la madera a algún proceso de secado, el agua libre en los huecos de la fibras es la primera en perderse, más tarde el agua fija que esta dentro de las paredes de las fibras. El contenido de humedad de la madera correspondiente a la humedad que queda únicamente en las paredes celulares (ya no existe agua libre en los huecos de la s fibras, unicamente el agua fija dentro de la s paredes celulares) se le llama punto de saturación de la fibra (PSF), siendo el intervalo de valores para la madera de pino de 25 a 30 porciento. Las características de la madera CAMBIAN NOTABLEMENTE a contenidos de humedad inferior al PSF.

Cambios de humedad-cambios dimensionales

Una característica importante de la madera en su higroscopicidad; es decir que tiene la capacidad de tomar o dejar escapar - humedad hasta que se balancee con la de la atmósfera circundante. Este punto de balance se le conoce como contenido de humedad en equilibrio CHE. Debido a esta característica (higroscopicidad) el contenido de humedad (CHE) de la madera variará según la temperatura y humedad relativa del medio ambiente. Este fenómeno lo puede experimentar la madera, únicamente a contenidos de humedad por -- abajo del PSF.

Cuando la madera sufre cambios en su contenido de humedad por abajo del PSF, la cantidad de agua fija que está dentro de las paredes de las fibras también varía. El aumento o disminución de este tipo de agua causa que las paredes de las fibras aumenten o disminuyan sus dimensiones, en otras palabras que se hinchen o se contraigan. Generalmente el cambio dimensional se expresa como la relación entre el cambio sufrido respecto a la dimensión original, en por ciento.

$$\text{cambio dimensional } \% = \frac{\text{Dimensión A} - \text{Dimensión B}}{\text{Dimensión A}} \times 100$$

Dimensión A = Es aquella de mayor magnitud de las dos (AyB), la cual generalmente es la que la pieza tiene cuando su contenido de humedad es superior al PSF.

Dimensión B = Es la menor de las dos (AyB), que por lo general es la que la pieza tiene cuando su contenido de humedad es inferior al PSF.

Los cambios dimensionales totales (de "verde" a anhidro) en la dirección longitudinal (L) son insignificantes, ya que pueden tener valores hasta de 0.9 por ciento; en la dirección radial (R) son del orden de 2.4 a 11 por ciento y en la tangencial de 3.5 a 15 por ciento. Para la madera de pino del país los valores aproximiados son: L = 0.3%, T = 8%, y R = 4%.

Expansión térmica.

La expansión térmica perpendicular a las fibras (dirección R o T) es de 10 a 15 veces mayor que en la dirección longitudinal

En la mayoría de las veces cuando se proyecta en madera, los cambios dimensionales debidos a variaciones de temperatura no se toman en cuenta, por su poca magnitud en la madera o porque los cambios dimensionales causados por variaciones de humedad son mayores y encubren los térmicos. Para la madera de pino del país se pueden asumir los siguientes coeficientes de expansión térmica lineal: en la dirección longitudinal (L) $= 3.6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ y en las direcciones transversales (RyT) $64.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

$$L = L_i T$$

L = Cambio dimensional lineal, cm.

= Coeficiente de expansión lineal, $1/^{\circ}\text{C}$

L_i = Dimensión lineal inicial, cm.

T = Cambio de temperatura sufrida, $^{\circ}\text{C}$

Conductividad térmica

La madera es un buen aislante térmico debido a su baja conductividad. En la dirección longitudinal (L) es aproximadamente 2.5 veces mayor que las direcciones transversales (RyT). Un aumento en la densidad o en el contenido de humedad trae como consecuencia incrementos en la conductividad térmica de la madera. Para la madera de pino del país se pueden asumir los siguientes coeficientes de conductividad térmica K: en la dirección longitudinal (L) a las fibras $= 0.00008 \text{ K-cal M/M}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/Seg.}$; y en las direcciones perpendicular a las fibras $0.00003 \text{ K-cal M/M}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/seg.}$

Conductividad eléctrica

La madera es un excelente aislante a corriente eléctrica en el estado anhidro, mas al aumentar su contenido de humedad, su conductividad aumenta significativamente. La resistividad ($1/\text{conductividad}$) de la madera anhidra varía entre 3×10^{17} y 3×10^{18} ohm-cm comparándose favorablemente con la de bakelita que es de 1×10^{12} ohm-c. Madera con un contenido de humedad de 30 porciento tiene una resistividad de 1×10^6 ohm-cm. La resistividad de la madera en la dirección axial (L) es aproximadamente la mitad que en la perpendicular a las fibras (RyT).

Sonido

Respecto al aislamiento de sonido, la madera por si sola al igual que otros materiales, no constituye una barrera contra el sonido, pero cuando se combina con diversos elementos se puede obtener una unidad estructural con propiedades satisfactorias de aislamiento. El problema de absorción de sonido es diferente que el de aislamiento, ya que este último requiere de materiales pesados y densos, mientras que el primero necesita de materiales blandos y porosos.

Características Mecánicas

Anisotropismo

Como la madera tiene tres ejes principales, las características mecánicas son diferentes en dirección de cada uno de estos ejes aun cuando en muchas ocasiones estas diferencias entre el

radial y el tangencial son mínimas, por lo que se ha optado por - hablar únicamente de las resistencias mecánicas en la dirección paralela y en dirección perpendicular a las fibras.

Tensión

La resistencia de la madera en tensión paralela a las fibras (T 11) es la más alta de todas las resistencias de este material. La madera tiene una deformación plástica mínima cuando la madera se sujeta a este tipo de esfuerzo. Comúnmente la resistencia en - T 11 puede ser 40 veces mayor que perpendicularmente a ellas (TI). Por lo regular se entiende que los resultados de pruebas de flexión estática (esfuerzo al momento de la ruptura EMR) valorizan conservadoramente la madera en T 11. El rango de valores para madera con un contenido de humedad de 12 por ciento es de 300 a 3000 kg/cm² - según la densidad de la especie. La madera de pinos mexicanos tiene valores alrededor de 800 kg/cm² a un contenido de humedad de - 12 por ciento.

Compresión

En el caso de compresión paralela a las fibras (C 11), la relación esfuerzo deformación en contraste a la de T 11, la porción plástica de la curva es mayor y tiene un límite de proporcionalidad bien definido. Aunque las resistencias son diferentes para -- T 11 y C 11, los módulos de elasticidad son iguales. La resistencia en C 11 es de 3 a 10 veces mayor que la dirección perpendicular (CI). El intervalo de valores de EMR cuando la madera tiene un con

tenido de humedad de 10 por ciento se estima que es de 100 a 1600 kg/cm². Las especies de pino del país tienen valores cercanos a 150 kg/cm² a un contenido de humedad de 12%.

La resistencia en compresión perpendicular a las fibras está íntimamente relacionada a la dureza y resistencia al corte perpendicular a las fibras (CRI). Cuando la madera se comprime perpendicularmente a las fibras, la tendencia es la de compactar las fibras e incrementar la densidad conforme va aumentando la carga, razón por la cual se puede decir que el máximo esfuerzo es imposible determinar, por lo que se trabaja con el esfuerzo al límite de -- proporcionalidad (ELP). Entre las maderas mexicanas pueden encontrarse especies con valores de 22 a 225 kg/cm² a un contenido de humedad de 12%. La madera de pino del país a un contenido de humedad de 12 por ciento tiene valores cercanos a 60 kg/cm².

Cortante

Cuando se impone a la madera un esfuerzo cortante en dirección perpendicular a las fibras (CRI), su resistencia es muy grande y nunca sucede ruptura en el plano transversal (TR) ya que únicamente se presenta en CI o corte paralelo a las fibras (CR II). Cuando el esfuerzo cortante es paralelo a las fibras y el plano donde este se aplica es el radial (RL), en ocasiones la resistencia se ve afectada muy seriamente por la presencia de pequeñas rajaduras o grietas resultado del secado de la madera. Entre las maderas mexicanas pueden encontrarse especies con valores de -- 22 a 225 kg/cm² a un contenido de humedad cercano al 12 por ciento, para la madera de pino al mismo contenido de humedad los valores

están cercanos a 40 kg/cm².

Dureza

Los valores de dureza son indicadores de la resistencia de la madera a indentarse y a la abrasión. Para determinar la dureza en la madera se utiliza el método Janka. La dureza en las superficies radial (RL) o tangencial (TL) es prácticamente igual, sin embargo la que se presenta en la transversal (TR) es por lo general mayor que la lateral. Para especies mexicanas con contenido de humedad de 12 por ciento, la dureza lateral (RL y TL) va de 109 a 1548 kg y la de los extremos (TR) de 152 a 1550 kg. La madera de pino mexicana tiene una dureza lateral de 360 kg y en las superficies -- transversales de 460 kg, a un contenido de humedad de 12 por ciento.

Flexión estática

Generalmente en flexión estática la fractura total en la madera no es instantánea, sino que se desarrolla poco a poco. Las especies mexicanas tienen un intervalo de EMR de 300 a 2100 kg/cm² y de módulo de elasticidad (ME) 40 000 a 300 000 kg/cm², a contenidos de humedad de 12%. Se estima que la madera de pino nacional tiene valores de ME de 100 000 kg/cm², y de EMR de 850 kg/cm² a un contenido de humedad de 12%.

La madera es más resistente a una carga de impacto que a una aplicada estáticamente, siendo en flexión 50 a 60 por ciento más resistente al impacto.

Factores que afectan la resistencia

Existen varios factores de importancia que afectan las carac

terísticas mecánicas de la madera. A continuación discutiremos -- brevemente los más importantes.

Variabilidad natural

La madera proviene de árboles que son organismos y como todo ser viviente exhiben variabilidad natural. Así tenemos que las características mecánicas de la madera de muestras de un mismo árbol, y entre arboles de la misma especie exhiben diferencias. En base a estudios hechos en otros países, podemos dar como ejemplo, que el módulo de elasticidad en flexión estática puede tener un coeficiente de variación de 22% y el EMR de 16%, esto es para la madera de una especie.

Densidad

La resistencia mecánica es proporcional a la densidad, de donde resulta que un aumento o disminución en la densidad de la madera tiene como consecuencia igual efecto en la resistencia.

Contenido de humedad

El contenido de humedad al igual que la densidad, es un factor de suma importancia en la resistencia mecánica de la madera. Cuando su contenido de humedad es superior al PSF la resistencia mecánica es la misma para todos los contenidos de humedad hasta la saturación total. Por abajo del PSF la resistencia mecánica aumenta conforme la madera tenga menor humedad. Por ejemplo si una -- muestra se seca hasta un contenido de humedad de 8%, el cambio de humedad que sufrirá a partir de un PSF de 30% será de 22% y es posible que el EMR se incremente 88 por ciento, 4 por ciento por cada

por ciento de contenido de humedad que disminuye a partir del PSP.

Temperatura

La influencia de la temperatura sobre las propiedades mecánicas puede ser considerable, y la magnitud de este cambio depende de la combinación de tiempo y contenido de humedad cuando la madera se expone a temperaturas extremas. La resistencia al impacto es la característica que más es afectada por las bajas y altas temperaturas. Cuando la madera tiene un alto contenido de humedad, o se calienta en atmósfera de gran humedad, la pérdida de resistencia es mayor que si la atmósfera y madera tuvieran humedad menor.

Defectos

Otro factor que afecta la resistencia mecánica de la madera son los defectos naturales que son aquéllos que se forman cuando el árbol está en pie y los artificiales que se producen durante los procesos de aserrío, secado, preservación, etc.

Defectos naturales

Nudos

Los nudos son los defectos naturales más comunes e importantes, ya que se trata de porciones de ramas que quedan incluidas dentro de la madera al crecer el árbol en diámetro. Los nudos producen el efecto detrimental de la desviación de las fibras en su cercanía y recordemos que la madera es menos resistente en la dirección perpendicular a las fibras que en la paralela, además --

actúan como reductores de área de resistencia , ya que cuando el nudo es del tipo "flojo" se puede asumir que en ese lugar existe un orificio.

Desviación en la dirección de las fibras.

Algunos árboles crecen de tal manera que sus fibras están -- dispuestas en espiral a lo largo del tronco. Al aserrarse la madera ésta presenta grandes desviaciones en dirección de las fibras, lo que afecta grandemente la resistencia, ya que la madera es menos resistente en la dirección perpendicular a las fibras, La desviación de la fibra se expresa como la relación entre 1 cm de desviación de la fibra de la arista ó eje de la pieza y la distancia dentro de la cual ocurre esta desviación. Una desviación de 1/15 reduce el EWR en 11 por ciento y el ME en 6 por ciento, para flexión estática.

Bolsas de resina

Las bolsas de resina son defectos de relativa poca importancia y su efecto sobre la resistencia depende de la abundancia, tamaño y localización de las cavidades en la pieza de madera.

Defectos artificiales

Desviación en la dirección de las fibras

La desviación de la fibra es uno de los defectos artificiales más comunes y se origina al aserrar mal el árbol o al volver a aserrar las tablas sin precaución de que las fibras corran paralelamente a los cantos y superficies de las piezas elaboradas. El efecto sobre la resistencia es a causa de las diferencias en

resistencia de la madera entre la dirección longitudinal y las transversales.

Grietas

Las grietas por lo regular aparecen durante el proceso de secado y su magnitud y frecuencia depende primordialmente de la especie, tamaño de la pieza y precauciones durante el secado. Su -- influencia negativa sobre la resistencia de la madera es poco importante en T ll y en C ll y CI. Sin embargo reduce notablemente la resistencia en TI y CR ll. En el caso de flexión estática el efecto sobre la resistencia depende mucho sobre la localización de las grietas, ya que entre más cerca estén del plano neutral - donde el corte es máximo, su efecto es mayor; en las superficies donde los esfuerzos de tensión y compresión son máximos, los efectos de las grietas son poco importantes.

Alabeos

Los alabeos son defectos que se originan durante el secado y se consideran defectos, ya que al eliminar las distorsiones es necesario remover material. En ocasiones la severidad del defecto es tal, que hace la pieza prácticamente inservible para la construcción y muchos otros usos.

Esfuerzos

A continuación se presentarán una serie de tablas y diagramas mostrando esfuerzos según calidad para la madera de pino del país.

En la tabla 1 se presentan valores de resistencia nominal

de la madera para diferentes grados de calidad. Esta resistencia la podemos definir como aquel esfuerzo que puede ser sostenido permanentemente con seguridad por un componente estructural de cierta calidad. Mas adelante se indicará la forma en como deben de ser modificados estos esfuerzos, para llegar a los esfuerzos de trabajo.

Establecimiento del grado estructural.

El principio básico de la graduación estructural es el de -- evaluar la calidad de una pieza en término de un porcentaje de resistencia, con respecto a otra pieza libre de defectos.

La graduación estructural se llevará a cabo examinando las piezas por sus cuatro caras tomando medida de los defectos y su localización, comparando posteriormente dichas medidas con las -- máximas permisibles dadas para cada grado y que se establecen en las tablas 2 y 3. Estas comparaciones se hacen considerando cada uno de los defectos por separado asignándosele a la pieza el me -- nor grado de los que resulten.

No se permitirá para fines estructurales piezas podridas o que presenten ataque por insectos.

Medición de los defectos

Pendiente del grano.

Se conoce como pendiente a la desviación de las fibras de la madera con respecto a una línea paralela a los lados de la pieza, (fig. 1).

La medición de la pendiente del grano se hará sobre una dis -- tancia lo suficientemente grande para definir cual es la pendien -- te promedio de la pieza, haciendo caso omiso de desviaciones loca

les excepto en el caso en que ocurran en piezas cuyo ancho sea menor de 10 cm o su espesor menor de 5 cm, cuando dichas desviaciones locales estén asociadas con un nudo que ya se tomó en cuenta no se consideraran.

La medición de la pendiente del grano se hará sobre dos caras contiguas y se asignará a la pieza el valor de la desviación mas grande.

Nudos

La medición de los nudos se llevará a cabo de acuerdo a los procedimientos indicados en la fig. 1. A dicha medición se asociará la zona en que haya sido hecha clasificándose así en nudos de canto, de borde y de cara.

Como puede verse en la fig. 1 los nudos se miden como la distancia entre líneas paralelas a las aristas y tangentes al nudo, los nudos de cara se miden tomando el diámetro máximo y el mínimo del nudo y calculando su promedio. Por último para la medición de los nudos de borde se presentan dos casos, el primero es cuando el nudo no toca la intersección de las caras de la pieza en cuyo caso se medirá como nudo de cara sin dejar de considerarse como nudo de borde y el segundo cuando sí toca dicha intersección midiendo en este caso como la distancia entre la arista de la pieza y una línea paralela a ella y tangente al nudo.

Un nudo que aparezca en dos caras contiguas de una pieza pero sin aparecer en la intersección de ambas solo será medido en el ancho de la pieza.

Un ahujero provocado por un nudo será considerado como tal y se le medirá en la misma forma.

La suma de las medidas de todos los nudos que aparezcan en una distancia de 30 cm no excederá dos veces la medida del nudo máximo permitido, dos o mas nudos de medida máxima no se permiten en una distancia menor o igual a 30 cm.

Para elementos simplemente apoyados, sujetos a flexión las dimensiones máximas permisibles de los nudos, fuera del tercio medio, podrán incrementarse hasta un 100 por ciento en los extremos. Para posiciones intermedias el incremento será proporcional.

Para miembros que van a estar sujetos a compresión la medición de los nudos se hará tomando su diámetro mínimo y sin hacerse ninguna consideración complementaria acerca de la zona en que fué hecha la medida.

Para miembros que van a estar sujetos a tensión la medición de los nudos se llevará a cabo de la misma forma que indica la fig. 1.

Cuando las piezas son cuadradas todos los nudos se considerarán como de canto.

Cuando un miembro va a estar sujeto a flexión y el peralte es la dimensión menor, los nudos sobre la superficie mayor se considerarán como de canto y los de la superficie menor no se tomarán en cuenta.

Rajaduras.

La medida de las rajaduras en los extremos de una pieza es tomada como la distancia entre líneas paralelas a los lados entre las cuales quede incluida la rajadura. En caso de que en una misma sección aparezcan varias rajaduras se considerará una rajadura equivalente que será igual a la suma de las medidas de cada una

de las rajaduras (Fig. 2).

Cuando las rajaduras se presenten en las caras de una pieza serán medidas introduciendo un alambre de acero, para determinar la penetración de la rajadura en la pieza.

Gema

La gema se toma como la suma de las faltantes en las dos -- aristas y se expresa como una fracción del ancho de la superficie considerada, (fig. 3).

Establecimiento de los esfuerzos de trabajo.

En la tabla 1 se da la resistencia nominal de la madera para cada uno de los grados de calidad establecidos en la parte anterior, el grado V-100 corresponde a madera libre de defectos. Dichas resistencias nominales se afectarán por cada uno de los siguientes factores a fin de obtener los esfuerzos permisibles o de trabajo por medio de los cuales se diseñaron los diferentes elementos estructurales.

Factor de forma :

Si un elemento estructural va a estar sometido a flexión y su peralte es mayor de 5 cm se afectará su resistencia por un factor K_1 calculado de la siguiente fórmula

$$K_1 = \frac{2}{d}^{1/9}$$

Dónde:

d es el peralte del elemento.

Elementos a tensión

Si un elemento estructural va a estar sometido a tensión se afectará su resistencia nominal por un factor $K_2 = 0.55$.

Contenido de humedad

Cuando las condiciones de servicio a que va a estar sujeto un miembro sean tales que su contenido de humedad (incluyendo el momento de colocación) no esté por arriba del 18 por ciento se utilizará un factor K_3 por el cual se afectará la resistencia nominal, el valor que asume K_3 para cada una de las propiedades de resistencia es el siguiente:

Para flexión y tensión paralela

al grano $K_3 = 1.30$

Para los módulos de elasticidad medio

y mínimo $K_3 = 1.17$

Para compresión paralela al grano $K_3 = 1.62$

Para compresión perpendicular al grano $K_3 = 1.50$

Para cortante paralelo al grano $K_3 = 1.10$

Dicho factor K_3 solo será aplicable cuando la dimensión mínima de la pieza sea menor de 10 cm.

Duración de carga.

La resistencia nominal dada corresponde a una duración de carga indefinida por lo cual para una duración de carga menor se aplicará un factor K_4 a todas las propiedades de resistencia -- excepto los módulos de elasticidad de acuerdo con lo siguiente:

Para acciones que incluyan sismo o viento $K_4 = 1.5$

Para una duración de carga menor de un mes $K_4 = 1.25$

Para una duración de carga menor de un año $K_4 = 1.16$

Para una duración de carga menor de 10 años $K_4 = 1.10$

Tabla 1.

Resistencia nominal de la madera para cada grado.

Grado de calidad	Flexión o tensión - paralela	Compresión paralela	Compresión perpendicu lar	Cortante paralelo	Módulo de elasticidad	
					medio	mínimo
	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2
V-100	115	55	10.	12.5	65,000	32,000
V-75	86	41	8.5	9.4	65,000	32,000
V-60	69	33	8.0	7.5	65,000	32,000
V-45	52	25	7.5	5.6	60,000	29,000
V-30	35	16	7.5	4.0	50,000	25,000

Tabla 2

Dimensiones máximas permisibles de los nudos presente en un elemento estructural.

Ancho nominal de la superficie	Nudos en las zonas de canto y central para elementos en flexión y cualquier zona para elementos en compresión				Nudos en la zona de borde para elementos en flexión y en cualquier zona para elementos en tensión			
cm (pulg)	cm				cm			
	V-30	V-45	V-60	V-75	V-30	V-45	V-60	V-75
2.5 (1)	2.0	2.0	1.5	1.0	1.5	1.0	0.5	—
4.0 (1 1/2)	2.5	2.5	2.0	1.0	2.0	1.5	1.0	0.5
5.0 (2)	3.5	3.0	2.5	1.5	2.5	2.0	1.5	1.0
6.5 (2 1/2)	4.5	4.0	3.0	2.0	3.0	2.5	1.5	1.0
7.5 (3)	5.5	4.5	3.5	2.0	3.5	3.0	2.0	1.0
9.0 (3 1/2)	6.5	5.5	4.0	2.5	4.0	3.0	2.0	1.5
10.0 (4)	7.0	6.0	4.5	3.0	4.5	3.5	2.5	1.5
13.0 (5)	9.0	7.5	5.5	3.5	5.5	4.5	3.0	2.0
15.0 (6)	10.5	9.0	6.5	4.0	7.0	5.5	4.0	2.5
20.0 (8)	12.0	10.0	7.0	4.5	9.0	7.0	5.0	3.0
25.5 (10)	13.0	11.5	8.0	5.0	11.5	8.5	6.0	3.5
30.5 (12)	14.0	12.0	9.0	5.5	13.5	10.5	7.0	4.5
35.5 (14)	15.0	13.0	9.5	6.0	14.5	11.0	7.5	4.5

Notas:

1. Para otras medidas pueden hacerse interpolaciones lineales.

Tabla 3.

Limitaciones a los defectos para calidades V-75, V-60, V-45 y V-30.

TIPO DE DEFECTO	CALIDAD V-75	CALIDAD V-60	CALIDAD V-45	CALIDAD-30
Fisuras o grietas (profundidad máxima) y bolsas de resinas	1/4 del espesor	2/5 del espesor	1/2 del espesor	5/7 del espesor
desviación de la fibra (no - mayor de)	1 en 14	1 en 10	1 en 7	xx
gema (no mayor de)	1/8 de cualquier cara	1/6 de cualquier cara	1/4 de cualquier cara	1/4 de cualquier cara

xx No se controla la pendiente del gramo

No se permitirá el uso de madera atacada por hongos o por insectos

MODALIDADES DE PRESENTACION

Dr. Ramón Echenique-Manrique *

En la actualidad en México existe una amplia diversidad de productos forestales que pueden ser utilizados en la construcción. Algunos pueden ser usados como elementos estructurales, otros como decorativos y muchas veces como estructurales y decorativos. A conti-nuación se darán algunas de las modalidades de presentación de es - tos productos, lista que no es completa ya que existen una serie de productos especiales de escaso consumo, de los cuales no se logra - obtener información.

Madera aserrada

Se ha mencionado anteriormente que la madera de pino es la de - mayor producción en el país y la de mayor consumo en la construc - ción. Lamentablemente esta no se comercializa por especies o grupos de especies y lo mas que se hace es decir que es madera de Durango, o de Chiapas sin que esto garantice que la madera de esos Estados . tenga características similares.

La madera de cimbra que por lo regular es la de menor calidad debido a la gran cantidad de defectos de todos tipos, como nudos, - grietas pudriciones etc. Dicho material viene en los siguientes - - gruesos nominales: 1/2, 3/3, 1, 1 1/2, 2, 3 y 4 pulgadas, ancho de 4 pulg. y longitud de 8 1/4, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 pies. Cuando las escuadras son de 4x4, 3x3 y 3x4 pulg. se les nombra polines.

* Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera (LACITTEMA),
Instituto de Biología, UNAM.

A la madera aserrada de $3/4$ y 1 pulg. de espesor, y de 1 a 4 pulg. de ancho con una longitud de $8 \frac{1}{4}$ pies se le llama duela.

A la de escuadrías de $1/2 \times 4$ y 2×4 pulg. y de largos menores a $8 \frac{1}{4}$ pies se les llama barrotes.

La madera aserrada en general se puede clasificar en tres categorías según sus dimensiones nominales cuando "verde":

a. Tablas y tablonés.- madera de menos de 2 pulg. de grueso y de más de 1 pulg. de ancho. Las tablas con un ancho menor de 6 pulg. se les puede llamar listones o barrotes. -

Longitudes de $8 \frac{1}{4}$, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 pies.

b. Madera dimensional.- madera con grosor de 2 a menos de 4 pulg., y de 2 o más pulg. de ancho. Por lo regular los largos son inferiores a los $8 \frac{1}{4}$ pies.

c. Cuadrados y vigas.- madera de 4 pulg. o más en la dimensión menor. Las longitudes mas comunes empiezan en los $8 \frac{1}{4}$ pies y van aumentando en múltiplos de dos pies.

Las tolerancias en las dimensiones de la madera se desconocen, ya que no existen normas sobre el particular.

La madera también se clasifica según el grado de maquila al que se le ha sometido.

a. Madera áspera.- material sin labrar, mostrando las marcas de la sierra en las cuatro superficies.

b. Madera cepillada.- con una, varias o todas sus superficies lisas o labradas.

c. Madera maquilada.- además de venir cepillada viene machimbada o lengüeteada.

Para determinar la cualidad de la madera, en los estados del norte de la República se siguen las normas de la Western Pine - - Association de Estados Unidos. En el Distrito Federal y alrededores supuestamente la calidad de la madera se clasifica según la norma C 18-46 de la Secretaría de Industria y Comercio, que toma en cuenta los defectos únicamente como factores que afectan la - apariencia para fines de carpintería y ebanistería pero no para fines estructurales. En base a esta norma la madera se clasificará generalmente como de primera, segunda y tercera de acuerdo al número y severidad de los defectos en la pieza.

En el Apendice se da una lista de términos comunes en la - compraventa de madera.

Madera contrachapada

Este tipo de madera consiste en un número impar de hojas de chara colocadas de tal manera que la dirección de la fibra de una capa forme un ángulo de 90° con la dirección de la fibra de la -- adyacente, todas ellas cementadas con un adhesivo. La madera contrachapada ofrece ciertas ventajas sobre la madera sólida, entre las que se encuentra, el igualar las propiedades fisicomecánicas a lo largo y a lo ancho de la pieza, o sea que tiende a reducir la anisotropía.

La madera contrachapada que comúnmente se usa en la cons -- trucción es la de pino, ya que las de otra clase generalmente se emplean con fines decorativos de gran belleza. La calidad de las capas depende del número y severidad de defectos o de parches -

(piezas de chapa que se colocan en el lugar de un defecto). A la calidad se le da una letra de calificación: N, A, AR, B, C y D. La primera corresponde a la de mejor calidad y la última a la de más baja calidad. Una hoja de madera contrachapada puede tener la designación de calidad A-B lo que significa que una de las caras tiene chapa calidad A y la otra, o trasecara de calidad B. Las -- calidades más comunes en el mercado mexicano para madera contrachapada de pino son: A-B, A-C, A-D, B-D y C-D. Cuando la cara y trasecara son de alta calidad vienen pulidas, pero en los casos en que la trasecara es de menor calidad que la cara, únicamente viene pulida esta última.

Existen dos tipos principales de esta madera: uno el interior que es resistente a la humedad (el adhesivo más común es -- urea-fornaldehido), y otro llamado exterior que es resistente al agua y a madera exposición a la intemperie (los adhesivos mas -- usados son resinas fenólicas).

Las medidas comerciales son las siguientes:

gruesos: 3,4,5,6,9,12,16,17,19,21 y 25 mm

anchos: 0.76, 0.91 y 1.22 m

largos: 1.52, 1.83, 2.14 y 2.44 m.

A causa de la falta de conocimientos suficientes acerca de las características mecánicas de la madera contrachapada, muchos usos en la actualidad están restringidos a los no estructurales o a estructuras de diseño empírico. Se deben tener en cuenta las cualidades de los tableros, lo mismo que los adhesivos usados en relación de su resistencia a la humedad, a fin de dar a esta madera el empleo más adecuado y económico, según el sitio y las con

diciones de humedad a que va a estar expuesta.

Tableros aglomerados

Son tableros manufacturados con piezas de madera como astillas, hojuelas, viruta, etc. a los cuales se les añade algun adhesivo - (urea-formaldehido, resinas fenólicas, resina melamina formaldehido, cemento portland), y se les somete a presión y calor (cuando se usa cemento portland no se añade calor) para que se consolide la mezcla. En México se producen tableros de densidad media 0.40 a 0.80 gr/cm³, y pueden venir en tres capas, las dos mas externas más - - comprimidas y de partículas mas pequeñas que la central. Dependiendo del adhesivo usado el panel se clasifica para usos interiores o exteriores.

Las medidas comerciales son las siguientes:

gruesos: 2,3,4.5,5.5,6,7.5,9,10,10.5,12,14,16,17.5,19,21, -
25,30 y 38 mm.
anchos: 0.91, 1.22 y 1.83 m.
largos: 1.83, 2.44, 3.05, 3.66, 4.27 y 4.88 m.

Los tableros que usan como adhesivo cemento Portland tienen las siguientes medidas comerciales:

Gruesos: 2.54 y 5.08 cm.
ancho: 61 cm.
largo: 240 cm.

Tableros de fibra

Estos tableros están fabricados con fibras individuales o pequeños grupos que pueden ser de madera o de otros vegetales que

han sido parcial o totalmente refinados. En México se fabrican ta
bleros de dos tipos: aislantes con una densidad de 0.23 a 0.40 --
gr/cm³ y duros o extraduros con una densidad de 0.80 a 1.20gr/cm³.
A los extraduros después del prensado se les añaden resinas y --
aceites que se polimerizan mediante un proceso de "templado" que
le imparten mayor dureza sin aumentar considerablemente su densi-
dad.

Las medidas comerciales de los tableros de fibra duros y --
extraduros son las siguientes:

gruesos: 3.2, 5, 7 y 6.5 mm.

anchos: 0.61, 0.91 y 1.22 m.

largos: 1.22, 1.83, 2.44, 2.75, 3.05, 3.66 y 5.49 m.

Las medidas comerciales de los tableros de fibra aislantes --
son las siguientes:

gruesos: 9, 12 y 19 mm.

ancho: 1.22 m.

largos: 1.83, 2.44 y 3.05 m.

losetas: de 30.5 x 30.5 cm.

Uno de los usos mas adecuados para los tableros aglomerados y
de fibras es el de cancelería, muros, muebles y sitios en los que
no estén sujetos a cargas considerables. La variedad de densidades,
adhesivos y acabados ofrecen ventajas sobre madera sólida. Su esta-
bilidad dimensional, resistencia al fuego, a rajarse al ser ator-
nillada y clavada, y al ataque de insectos y hongos son cualidades
que conviene tener presentes.

APENDICE

TERMINOS USADOS EN LA COMPRAYENTA DE MADERA (x)

Acabolladura Es la separación de la madera entre dos anillos consecutivos.

Acumulación de corteza Es una masa de corteza total o parcialmente comprendida dentro de la madera.

Acumulación de resina Es una cavidad delimitada que contiene resina.

Agujero Es el defecto que se manifiesta como abertura de sección aproximadamente circular, originada especialmente por el desprendimiento de un nudo.

Albura Es la parte del leño de los árboles en pie que contiene células vivas de parenquima y materiales de reserva. Generalmente de coloración mas clara y de menor resistencia a agentes biológicos que el duramen.

Ancho Es la dimensión mayor de la escuadría.

Aristas Es la línea de intersección de las superficies que forman dos lados adyacentes.

Cabecear Es la operación de aserrar transversalmente los extremos de una pieza.

Cabeza Es la sección transversal de los dos extremos de una pieza.

Cantos Son las superficies menores normales a las caras, paralelas entre sí y al eje longitudinal de una pieza.

(x) Glosario de Maderas. Proyecto lo. de recomendación. (PANT 3/4-008
Comité Panamericano de Normas Técnicas (1964).

Caras Son las superficies mayores, paralelas entre sí y al eje longitudinal de una pieza.

Cepillar Es el proceso mediante el cual se nivelan y se alisan las superficies de una pieza.

Colapso Es la contracción excesiva e irregular de la madera - producida por un rápido secamiento y que se distingue por lo corrugado de la superficie.

Diseño o veta Es la figura que presentan las maderas en sus - superficies longitudinales pulidas.

Duramen Es la porción central de los árboles en pie sin células de perénquima vivas, cuyas sustancias de reserva fueron - consumidas o transformadas en otras (extractivos).

Escuadría Es la expresión numérica de las dimensiones de la - sección transversal de una pieza.

Espesor Es la dimensión menor de la escuadría.

Estrías Son las huellas que dejan los dientes de las sierras.

Fractura Es una deformación en árboles en pie como resultado de compresión o flexión excesivas ocasionadas por viento, hielo o nieve, o de la caída incorrecta de árboles. Tiene la apariencia de arrugas finas transversales al hilo de la pieza.

Grieta Es la separación de la madera en dirección radial cuyo desarrollo no alcanza las dos caras de una pieza aserrada, o los puntos opuestos de la superficie de una madera redonda.

Hilo Es la disposición en dirección longitudinal de los elementos constitutivos de madera. Se expresa como hilo derecho, oblicuo, entrelazado, etc.

Inclinación del filo Es la desviación angular con respecto al eje longitudinal del árbol o canto de una pieza.

Entén Es la pieza aserrada cuyo espesor puede variar entre - 0.5 y 1.5 pulg., con un ancho inferior a 4 pulg.

Longitud Es la distancia entre las cabezas de una pieza

Madera aserrada Es la pieza cortada longitudinalmente con sierra manual o mecánica.

Madera cepillada Es la pieza nivelada y alisada en una o más de sus caras o cantos.

Madera comercialmente seca Es aquella madera aserrada, cuyo - contenido de humedad es inferior a 20 por ciento.

Madera labrada Es la que se obtiene mediante la eliminación - de corteza y de toda la albura o parte de ella con hacha o - azuela.

Madera redonda Es aquella madera utilizada en su forma redonda original, con o sin corteza.

Madera secada al aire Es aquella que por exposición al aire, tiene un contenido de humedad correspondiente a la media del equilibrio higroscópico del lugar donde se halle.

Madera secado en estufa Es la que se somete a un proceso de se cado artificial (horno o estufa).

Mancha Es la decoloración de la albura por hongos que no originan putrefacción.

Moldura Es la pieza cepillada según un perfil transversal deter minado

Nudo Es el área resultante del rastro dejado por el desarro - llo de una rama, cuyas propiedades son diferentes a la madera

circundante.

Pie tabla o pie tablón Es la unidad de volumen comúnmente usada en la compraventa de madera aserrada. Es el volumen de una pieza de 1 pulg. de espesor por 1 pie de ancho (12 pulg.) y 1 pie de longitud.

Una manera de obtener el volumen de madera aserrada es el de multiplicar el espesor en pulgadas por el ancho en pulgadas por el largo en pies, y dividir el producto entre 12. Una tabla de $3/4$ pulg x 8 pies tiene un volumen en pies tabla de $(3/4 \times 8 \times 12)/12 = 3$. Una forma un poco más rápida es la de primero dividir entre 12 el producto del espesor y ancho en pulgadas, y después multiplicar por la longitud en pies. Una pieza de 4 pulg x 10 pulg x 18 pies tiene un volumen en pies tabla de $(4 \times 10/12) 18 = (10/3) 18 = 60$

1 pie tabla = 0.00236 m³

1 metro cúbico = 423.728 pies tabla

La madera aserrada generalmente se cotiza por millar de pies tabla, aún cuando en muchas ocasiones se compra por pieza.

Pilote Es una pieza labrada o no, de diámetro variable no menor de 250 mm, y longitud adaptada al uso a que se destine y peso que soporte.

Poste para cercos Es el poste labrado o no (también aserrado), de sección variable y una longitud no mayor de 3 m.

Poste para líneas aéreas Es el poste labrado o no, con una longitud mínima de 5 m y un diámetro en la punta no mayor de 220 mm.

Pudrición Es la descomposición por la acción de hongos xilófagos

Rajadura Es la separación que se extiende en dirección del --

aje de la pieza y que afecta totalmente el diámetro o espesor de la misma.

Tabla Es una pieza aserrada cuyo espesor varía de 0.5 a 1.5 pulg., y ancho de 4 o más pulg.

Tablón Pieza aserrada cuyo espesor varía de 1.5 a 3 pulg. Se consideran dentro de esta clasificación piezas con un ancho de 4 pulg. o más.

Textura Es la distribución y tamaño relativo de los elementos leñosos, considerada en la sección transversal. Se expresa en términos de textura fina, mediana y gruesa. En las maderas de coníferas también se expresa como la relación entre el ancho de la madera tardía y el ancho total del anillo de crecimiento.

Tirante Es la pieza aserrada cuyo espesor puede variar de 1.5 a 3 pulg. y su anchura esté comprendida entre 1.5 y 4 pulg. Su espesor puede variar de 3 a 5 pulg. cuando el ancho esté comprendido entre 3 y 10 pulg.

Varilla o tablilla Es la pieza aserrada cuyo espesor es menor de 0.5 pulg. y ancho variable, según el empleo a que se destina.

Viga Es la pieza labrada o aserrada en la que tanto el espesor como el ancho son de 4 pulg. o más.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE MADERA.

COMPORTAMIENTO Y DIMENSIONAMIENTO DE MIEMBROS ES-
TRUCTURALES DE MADERA.

ING. FRANCISCO ROBLES F.

COMPORTAMIENTO Y DIMENSIONAMIENTO

DE MIEMBROS ESTRUCTURALES

DE MADERA

Y

CONECTORES PARA MADERA

Ing. Francisco Robles
Universidad Autónoma
Metropolitana.

C O N T E N I D O

1.	Introducción	Pág 1
2.	Materiales de madera comúnmente utilizadas en México para fines estructurales.	Pág 3
3.	Esfuerzos permisibles	Pág 5
4.	Conectores	Pág 20
5.	Miembros en tensión	Pág 34
6.	Miembros en compresión	Pág 35
7.	Miembros sometidos a flexión (vigas)	Pág 39
8.	Miembros sometidos a combinaciones de momento y carga axial	Pág 49
9.	Conexiones	Pág 55

Referencias

Figuras

COMPORTAMIENTO Y DIMENSIONAMIENTO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE MADERA Y CONECTORES PARA MADERA

Francisco Robles
Universidad Autónoma Metropolitana.

1. INTRODUCCION

En esta unidad de estudio se pretende presentar algunos conceptos básicos sobre el comportamiento y el dimensionamiento de elementos estructurales de madera sencillos: miembros* sujetos a flexión (vigas) y miembros sujetos a carga axial o a una combinación de carga axial y flexión (columnas, postes, barras de armaduras). Aunque se pondrá énfasis en el dimensionamiento de miembros enterizos o macizos, formados por una sola pieza, se harán también algunas consideraciones sobre miembros compuestos de varias piezas, miembros de madera laminada y miembros formados por combinaciones de madera ordinaria y triplay.

Además, se describirán los principales conectores o medios de unión utilizados tanto para formar los diversos tipos de miembros compuestos, como para realizar las conexiones entre miembros de madera y entre éstos y elementos estructurales de otros materiales. El detallado de algunos de los conectores y conexiones más comunes, se tratará brevemente.

Como es usual en el diseño de estructuras de madera, los métodos de dimensionamiento expuestos se basan esencialmente en la suposición de un comportamiento elástico. Estos métodos implican que los esfuerzos calculados por teoría elástica debidos a las cargas de trabajo se comparan con unos esfuerzos permisibles que se considera que puede soportar la madera con un grado de seguridad razonable. La manera de establecer estos esfuerzos permisibles se comenta en términos muy generales en el inciso 3, en el que se incluyen también observaciones sobre algunos reglamentos típicos.

* Se entiende por miembro aquí un elemento estructural con dos de sus dimensiones transversales relativamente pequeñas en comparación con su longitud. Quedan excluidos de esta exposición los paneles, diafragmas y elementos semejantes.

En el desarrollo del material de esta unidad se ha supuesto que el lector cuenta con conocimiento de las propiedades mecánicas de la madera, de los factores que influyen en la resistencia de la madera a diversas acciones y de las características particulares de la madera laminada y del triplay o madera contrachapada.

2. MATERIALES DE MADERA COMUNMENTE UTILIZADOS EN MEXICO PARA FINES ESTRUCTURALES

2.1 Madera maciza (o enteriza) ordinaria

Las dimensiones de las piezas se obtienen de las combinaciones de las siguientes medidas:

Ancho: 4, 6, 8, 10, 12 pulgadas

Grosor: 1/2, 3/4, 1, 1-1/2, 2, 2-1/2, 3, 3-1/2, 4 pulgadas

Largo: 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 pies

Se indican a continuación algunas de las escuadrías más usuales:

	<u>Sección</u>
Vigas	4"x8" , 3"x6"
Tablones	más de 2" de espesor
Tabla o duela	menos de 2" de espesor
Polines	4"x4"

Las dimensiones dadas son nominales. Al dimensionar deben considerarse las medidas reales, que dependerán de la forma en que se haya trabajado la pieza (labrada, aserrada, cepillada). Es frecuente que la tabla o duela tenga algún tipo de machihembrado.

En algunas obras civiles, como en los pilotes y las estructuras para puentes provisionales o para muelles marítimos se utilizan escuadrías mayores que las dadas anteriormente. En ocasiones, sobre todo para elementos verticales, los troncos se emplean en su forma natural, sin aserrar. La madera en esta forma se suele denominar "madera en rollo".

Las longitudes usuales varían según la escuadría. Los polines, por ejemplo, suelen tener de tres a cinco metros, mientras que las vigas pueden tener longitudes mayores.

2.2 Triplay

El triplay se produce industrialmente y es de uso común. Se en-

cuentra en placas de 4' x 8' o de 5' de ancho por longitudes entre 5' y 12' con espesores de 1/4" a 5/8".

2.3 Madera laminada y encolada

Todavía no es usual en México el empleo de la madera laminada como material estructural. En los casos en que se ha utilizado esta forma de la madera, las piezas se han fabricado en instalaciones provisionales, con bajo grado de industrialización.

2.4 Productos industrializados de la madera

Existen diversos productos industrializados de madera cuyas características se describen en otra parte del curso.

3. ESFUERZOS PERMISIBLES *

3.1 Consideraciones generales para madera maciza

Para dimensionar elementos estructurales de madera es necesario establecer esfuerzos permisibles que garanticen un grado de seguridad adecuado. Los tipos de esfuerzos requeridos son: 1) compresión paralela a las fibras; 2) compresión perpendicular a las fibras; 3) tensión paralela a las fibras; 4) flexión; 5) esfuerzo cortante paralelo a las fibras.

El esfuerzo de compresión paralela a las fibras se necesita para el dimensionamiento de columnas y otros miembros sometidos a compresión, tales como puntales y determinadas barras de armaduras. El esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras hace falta para revisar los apoyos de vigas y ciertos detalles de las conexiones. La tensión paralela a las fibras se emplea para dimensionar las barras de armaduras sometidas a este tipo de esfuerzos. Los esfuerzos de flexión y cortantes se requieren para el diseño de vigas.

La elección de los esfuerzos permisibles convenientes es uno de los aspectos críticos del diseño de elementos estructurales de madera. Además de que las propiedades mecánicas varían mucho según la especie, dentro de la misma especie existe un grado considerable de variabilidad. Por otra parte, influye en la resistencia de la madera toda una serie de factores tales como la duración de la carga, el contenido de humedad, la orientación de las fibras, la dirección de la carga con respecto a las fibras, la forma y tamaño de la pieza y los defectos diversos que pudieran existir.

Como se vió en una unidad anterior, las propiedades mecánicas de la madera se estudian ensayando probetas pequeñas limpias, generalmente de madera verde. Recuérdese que por probeta "limpia" ("clear", en la terminología inglesa) se entiende una probeta de madera de fibra recta, libre de nudos y rajaduras. Es natural suponer que las propiedades resistentes de piezas estructurales difieren considerablemente de las obtenidas con probetas limpias, ensayadas en condiciones en que no intervienen los diversos factores señalados anteriormente. El problema, en

* Parte de este material está basado en los apuntes preparados por el Dr. Roberto Meli para el curso "Usos estructurales de la madera", impartido en el Centro de Educación de la Facultad de Ingeniería (UNAM) en 1974.

tonces, es cómo pasar de los resultados de ensayos con probetas limpias a esfuerzos permisibles que proporcionen una seguridad razonable en las estructuras reales. A continuación se describe una forma de proceder semejante al de las recomendaciones inglesas (CP 112) y una de las alternativas para la determinación de esfuerzos permisibles propuestas en el proyecto de reglamento de construcciones para el Distrito Federal actualmente en estudio (ref 11).

En esencia, el procedimiento para la determinación de esfuerzos permisibles consiste en la obtención de un esfuerzo básico al que se aplican diversas correcciones según las condiciones en que se encuentre el elemento estructural en estudio.

Determinación de esfuerzos básicos

El esfuerzo básico depende de la variabilidad de la especie e involucra un factor de seguridad para tener en cuenta las distintas incertidumbres que existen en el diseño (magnitud de cargas, métodos de análisis, procedimientos constructivos).

La variabilidad de una especie dada se estudia haciendo un análisis estadístico de los resultados de ensayos estándar de probetas limpias, generalmente verdes. En la fig 1 se muestra una distribución típica de módulos de rotura obtenidos de ensayos de flexión. Las distribuciones como ésta así como las correspondientes a otros tipos de resistencia son muy parecidas a las distribuciones gaussianas. Por lo tanto en el análisis de los resultados suelen considerarse aplicables las propiedades de este tipo de distribuciones. En las normas inglesas (CP-112), la variabilidad se toma en cuenta escogiendo valores tales que el 99 por ciento de los resultados de ensayos sean superiores al valor escogido. La reducción respecto al promedio de un conjunto de ensayos, por concepto de variabilidad, depende del tipo de acción. Para compresión y fuerza cortante el factor de reducción es del orden de 0.75.

Para obtener los esfuerzos básicos, los valores determinados en la forma indicada en el párrafo anterior deben dividirse por un factor de seguridad que suele variar entre 1.5 y 2, según el tipo de esfuerzo.

Correcciones diversas

El esfuerzo básico puede considerarse como esfuerzo permisible

cuando la pieza en estudio se encuentra en las mismas condiciones en que se efectuaron los ensayos de las probetas limpias y se encuentra libre de defectos. Cuando existen defectos u otros factores que afectan la resistencia del elemento estructural real los esfuerzos básicos deben modificarse. Se reseñan a continuación los ajustes o correcciones más importantes.

Ajustes por defectos de las piezas.— Las piezas de madera suelen tener defectos que reducen su resistencia: nudos y rajaduras que no existen en las probetas limpias ensayadas para determinar los esfuerzos básicos. La importancia de los defectos se juzga mediante una clasificación que tiene en cuenta el número, posición y dirección de los nudos y rajaduras, la inclinación de las fibras, así como la densidad de los anillos de crecimiento. Los factores de reducción de los esfuerzos básicos se determinan de acuerdo con los dictados de la experiencia y los resultados disponibles de ensayos a escala natural. Estos factores varían entre 0.40 y 0.75, según la clasificación. En México, desgraciadamente, las normas de clasificación se encuentran en estado rudimentario y, con frecuencia, son ignoradas. La norma más utilizada es la C18-1946, de la Dirección General de Normas, que da reglas para clasificar tablas y tablonés de ocote según su aspecto. Se distinguen en ella cuatro calidades y grados apropiados para fines estructurales (madera selecta, de 1a, 2a y 3a).

Ajustes por duración de la carga.— En los ensayos de probetas limpias, la carga se aplica rápidamente, mientras que los esfuerzos permisibles se refieren generalmente a cargas permanentes o cargas de duración normal. (Generalmente se considera 10 años una duración normal). El efecto de la duración de la carga se aprecia en la fig 2, que da los factores por los que hay que multiplicar los esfuerzos permisibles correspondientes a cargas de duración normal para obtener los aplicables a otras duraciones.

Ajustes en los esfuerzos de compresión en dirección inclinada con respecto a la fibra.— El esfuerzo permisible de compresión que debe utilizarse en el diseño, cuando la compresión actúa en dirección inclinada con respecto a la fibra, está dado por la siguiente expresión, propuesta por Hankinson:

$$f_{cop} = \frac{f_{cp}}{1 + \left(\frac{f_{cp}}{f_{cmp}} - 1 \right) \sin^2 \theta} \quad (1)$$

en donde

f_{cop} = esfuerzo permisible a la compresión actuando en dirección respecto a la fibra

f_{cp} = esfuerzo permisible a la compresión en dirección paralela a la fibra

f_{cmp} = esfuerzo permisible a la compresión en dirección perpendicular a la fibra

θ = ángulo entre la dirección de la fibra y la fuerza aplicada.

En la fig 3 se muestra una situación en que debe hacerse este tipo de ajuste. Un criterio semejante se utiliza en el dimensionamiento de determinado tipo de conexiones. La gráfica desarrollada por Scholten, que se reproduce con el número A.2.3 en la ref 1, facilita el empleo de la fórmula.

Ajustes por otros factores.— Al escoger los esfuerzos a utilizar en el diseño deben tenerse en cuenta los otros factores mencionados anteriormente, que pueden afectar la resistencia de las piezas de madera.

Los reglamentos y manuales proponen diversas formas de considerar estos factores. El contenido de humedad, por ejemplo, se tiene en cuenta proponiendo dos juegos de esfuerzos permisibles, según se trate de madera húmeda o madera seca. También se da a veces un juego de valores para madera verde con un factor para incrementar estos valores si la madera se va a utilizar en condición seca. El enfoque inverso a éste también es posible. La manera de tener en cuenta el efecto de la forma y del tamaño de la sección en elementos sujetos a flexión se comenta en la sección sobre dimensionamiento de vigas. Otros factores que consideran los reglamentos son los efectos de la temperatura y de la fatiga.

La forma de determinar esfuerzos permisibles que se ha descrito, se funda en el análisis estadístico de los resultados de ensayos de especímenes pequeños de madera limpia. Otro enfoque se basa en el estudio de las variaciones de la densidad de la madera y la correlación entre la densidad y las propiedades mecánicas de la madera. El reglamento del Distrito Federal, actualmente en vigor (ref 8) se basan en un enfoque de este tipo.

Las refs 1 y 2 estudian ampliamente el problema de la determinación de esfuerzos permisibles. En el inciso siguiente se comentan, a título ilustrativo, las recomendaciones de algunos reglamentos típicos.

3.2 Algunas recomendaciones típicas sobre esfuerzos permisibles para madera maciza

Los diversos reglamentos y especificaciones difieren bastante en los criterios con que formulan sus tablas de valores permisibles. Al utilizar una tabla debe investigarse las condiciones para las cuales los valores dados son aplicables, en particular el contenido de humedad y la duración de la carga a que se refieren y la forma en que debe considerarse la clasificación de la madera. Por otra parte debe recordarse que la seguridad de una estructura depende no solamente de los esfuerzos permisibles que se hayan establecido, sino también de los criterios con que se hayan fijado las cargas de trabajo que deben considerarse. Por esta razón el mezclar recomendaciones de carga y recomendaciones de esfuerzos permisibles de reglamentos diferentes puede resultar peligroso.

Se resumen a continuación las principales recomendaciones de tres reglamentos mexicanos, uno de ellos todavía en estudio, que ilustran distintas formas de especificar esfuerzos permisibles. El Reglamento del Distrito Federal (ref 8) hace depender los esfuerzos permisibles de la densidad, sin distinguir entre especies. El proyecto de reglamento en estudio en el Instituto de Ingeniería (UNAM) (ref 11), con un criterio aún más simplista, da un juego de valores único que sólo tiene en cuenta la clasificación de la madera. Ambos reglamentos intentan reconocer la realidad del medio: es escasa la información sobre características mecánicas de la madera. Subsiste el problema de la clasificación que, como se señaló anteriormente, se efectúa en forma muy rudimentaria.

Las especificaciones de SOP (ref 7) sí dan esfuerzos para algunas especies y tienen un formato parecido al de muchos manuales y reglamentos de los Estados Unidos y Europa.

Reglamento de Construcción del Distrito Federal (ref 8)

En el reglamento actualmente en vigor se especifican esfuerzos permisibles para los distintos tipos de madera a través de correlaciones entre estos esfuerzos permisibles y la densidad de la madera. La tabla 1 de los esfuerzos propuestos en función de la densidad relativa γ . Cuando se desconoce la densidad relativa, γ , se permite considerar que $\gamma = 0.4$. Los esfuerzos correspondientes también se consignan en la tabla citada.

TABLA 1. ESFUERZOS PERMISIBLES SEGUN EL REGLAMENTO VIGENTE DEL DISTRITO FEDERAL

C o n c e p t o	Valor en Kg/cm ²	
	Para cualquier	Para $\gamma = 0.4$
Esfuerzo en flexión o tensión simple	196 γ 1.25	60
Módulo de elasticidad en flexión o tensión simple	196000 γ	79000
Esfuerzo en compresión paralela a la fibra	143.5 γ	57
Esfuerzo en compresión perpendicular a la fibra	54.2 γ 2.25	7
Módulo de elasticidad en compresión	238000 γ	95000
Esfuerzo cortante	35 γ 1.25	10

Los esfuerzos de la tabla son aplicables a maderas de primera, según la clasificación de la norma C18-1946 de la Dirección General de Normas. Para las maderas selectas, especificadas en dicha norma, los valores se pueden incrementar en un 30%. Para maderas de segunda se tomará el 70% de los valores dados, y, para maderas de 3a, el 50%.

Aunque el reglamento no lo indica explícitamente, los esfuerzos dados parecen referirse a madera seca, es decir, con un contenido de humedad menor que 18%. Para maderas saturadas o sumergidas, el esfuerzo de compresión paralelo a la fibra debe reducirse 10%; el de compresión perpendicular a la fibra, 33%; y los módulos de elasticidad, 10%.

El efecto del tiempo, para duraciones de carga inferiores a dos meses, se tiene en cuenta incrementando los esfuerzos de la tabla 1 en los porcentajes indicados en la tabla 2.

TABLA 2. INCREMENTOS DE ESFUERZOS PERMISIBLES PARA CARGAS DE CORTA DURACION (ref 8)

Duración	Incremento en %
2 meses	15
7 días	25
viento o sismo	50
impacto	100

El Reglamento no indica claramente cómo determinar la densidad de la madera. Según un estudio realizado en el Instituto de Ingeniería de la UNAM (ref 16), si se parte de la relación peso anhidro y volumen anhidro se obtienen valores excesivamente altos, sucediendo lo contrario si se utiliza la relación peso anhidro y volumen verde. Aparentemente se obtienen valores razonables de los esfuerzos si las densidades se determinan en una condición intermedia, refiriendo el peso anhidro al volumen correspondiente a un contenido de humedad de 15%. El valor arbitrario de $\gamma = 0.40$ casi siempre conduce a valores muy conservadores de los esfuerzos permisibles.

Proyecto de Reglamento de Construcciones del Distrito Federal
(ref 11)

El proyecto de reglamento actualmente en estudio en el Instituto de Ingeniería (UNAM) propone dos alternativas fundamentales para la determinación de esfuerzos permisibles. Una de ellas establece esfuerzos aplicables a cualquier especie y que varían únicamente con la clasificación. Según la otra se puede tener en cuenta la especie, si se hacen pruebas adecuadas y se interpretan los resultados de éstas por procedimientos estadísticos. Se comenta a continuación la primera alternativa, que tiene en su favor la sencillez.

En la tabla 3 se dan los esfuerzos permisibles que se recomiendan para la condición verde de la madera, y cargas permanentes. Las calidades indicadas son las que establece la Norma C 18-1946 de la Dirección General de Normas. Se prohíbe el uso de la madera de tercera en estructuras permanentes. Se propone otro conjunto de valores ligeramente superiores si la madera se clasifica con las reglas para clasificación visual especificadas en el proyecto de reglamento.

TABLA 3. ESFUERZOS PERMISIBLES EN Kg/cm², PARA CON DICION VERDE Y CARGA PERMANENTE CUANDO LA MADERA SE CLASIFICA CON LA NORMA C18-1946 DE LA DGN (PROYECTO REGLAMENTO D.F.)

C o n c e p t o	C a l i d a d			
	Selecta	Primera	Segunda	Tercera
Flexión y tensión	80	60	30	20
Compresión paralela a la fibra	70	50	35	25
Compresión perpendicular a la fibra	14	14	9	7
Cortante paralelo a la fibra	14	14	7	5
Módulos de elasticidad ($\times 10^3$):				
Medio	70	70	70	70
Mínimo	40	40	40	40

Cuando el contenido de humedad es inferior a 18%, los esfuerzos de la tabla 3 se pueden aumentar en los siguientes porcentajes: 10% para flexión y tensión; 20% para compresión paralela a la fibra, 50% para compresión normal a la fibra y 10% para el módulo de elasticidad. Los miembros con secciones superiores a 15 cm x 15 cm se dimensionarán siempre con valores correspondientes a la condición verde, por la dificultad del secado de piezas grandes.

El efecto del tiempo se tiene en cuenta aumentando los esfuerzos de la tabla 3 en los porcentajes dados, en la tabla 4.

TABLA 4. INCREMENTOS DE ESFUERZOS PERMISIBLES SEGUN LA DURACION DE LA CARGA (ref 11)

Duración	Incremento en %
10 años (carga viva)	15
2 meses (nieve)	25
1 hra (viento o sismo)	50
1 min (impacto)	100

TABLA 5. ESFUERZOS PERMISIBLES EN kg/cm^2 SEGUN ESPECIFICACIONES SOP (APLICABLES PARA CARGA DE DURACION NORMAL, CUALQUIER CONTENIDO DE HUMEDAD Y ESTRUCTURAS EN UN AMBIENTE SECO).

Especie	Calidad	Tensión Paralela a la fibra	Compresión Paralela a la fibra	Compresión Perpendicular a la fibra	Cortante	Flexión	Módulo de Elasticidad
Pino blanco	1a	65	60	18	6	80	85 000
Pino lacio	2a	55	50	18	6	60	85 000
Pino prieto	1a	75	70	20	8	90	90 000
Pino real, Cedro	2a	65	60	20	8	70	90 000
Encino	1a	100	95	25	10	120	100 000
	2a	85	75	25	10	90	100 000
Zapotillo	1a	110	100	25	10	110	110 000
	2a	95	80	25	10	95	110 000

13

Los esfuerzos permisibles dados en la tabla 5 son aplicables para madera en cualquier contenido de humedad, utilizadas en estructuras que se encuentran en un ambiente seco (armaduras para cubiertas de techo, etc.). Si la madera va a estar expuesta a la humedad, los esfuerzos permisibles deben reducirse de acuerdo con los coeficientes de la tabla 6.

TABLA 6. COEFICIENTES DE CORRECCION POR HUMEDAD

Concepto	Flexión o Tensión	Compresión Paralela a las fibras	Compresión Normal a las fibras	Esf. cortante Paralelo de las fibras	Módulo elástico
Coefficiente	1.00	0.90	0.67	1.00	0.92

Se considera también que los esfuerzos de la tabla 5 son válidos únicamente para cargas de duración normal. Se entiende por cargas de duración normal aquellas que se aplican a los elementos estructurales en forma continua o acumulativa durante un período de aproximadamente 10 años. Cuando la carga se considere actuando más de 10 años, los esfuerzos permisibles se reducirán en 10%. Cuando las cargas actúan durante períodos cortos los esfuerzos permisibles de la tabla 5 se pueden incrementar en los porcentajes dados en la tabla 7.

TABLA 7. INCREMENTOS DE ESFUERZOS PERMISIBLES SEGUN LA DURACION DE LA CARGA (ref 7)

Duración	Incremento en %
7 días	25
1 día (viento o sismo)	33.3
Impacto	100

3.3 Esfuerzos permisibles para madera laminada-pegada

En el diseño de miembros laminados se suelen admitir esfuerzos permisibles mayores que los usuales para miembros de madera maciza hechos con madera de igual clasificación. Esto se funda en las consideraciones siguientes:

- a) Se cuenta con una mayor uniformidad gracias a la selección de tablas utilizadas.
- b) Existe una mayor dispersión de los defectos naturales. Como las tablas son de espesor pequeño, la influencia de los defectos es menor que en las piezas de madera maciza. La presencia de un nudo, por ejemplo, afecta únicamente a una de las tablas del conjunto laminado.
- c) El secado es uniforme y completo gracias al pequeño espesor de las tablas. En piezas macizas de dimensiones grandes, por el contrario, el secado con frecuencia es imperfecto.

Como se señaló en otro lugar, existe poca experiencia en México con el uso de madera laminada. Las únicas recomendaciones disponibles son

las que figuran en las "Especificaciones para Madera" de la Secretaría de Obras Públicas (ref 7). Se reseñan a continuación las principales recomendaciones de estas especificaciones en relación con esfuerzos permisibles.

Según la ref 7 los esfuerzos unitarios permisibles establecidos para madera maciza (algunos de los cuales se consignan en la tabla 5) para cargas de duración normal se consideran aplicables a la madera estructural laminada-pegada, cuando el contenido en el ambiente sea mayor de 15%. (Recuérdese que para madera maciza estos esfuerzos permisibles solamente son aplicables para estructuras protegidas de la humedad). Para otras duraciones de carga se harán ajustes como para madera maciza. En ambientes en que se garantice que el contenido de humedad no excederá del 15%, como suele suceder en las estructuras cubiertas, los esfuerzos permisibles pueden incrementarse de acuerdo con los porcentos indicados en la tabla 7.

TABLA 8. INCREMENTOS DE ESFUERZOS PERMISIBLES PARA MADERA LAMINADA EN AMBIENTE SECO

Concepto	Incremento en %
Flexión	25
Tensión paralela a las fibras	25
Compresión paralela a las fibras	37
Esfuerzo cortante	15
Compresión normal a las fibras	50
Módulo de elasticidad	12

En el caso de miembros sujetos principalmente a flexión deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones adicionales. Si el plano de las láminas coincide con el plano de flexión, como es la fig 4a, son aplicables los esfuerzos que se acaban de describir. Para miem-

bro en los que el plano de momento flexionante es normal a las caras mayores de las láminas, como en la fig 4b, se permitirá aumentar los esfuerzos permisibles del caso anterior en los porcentajes indicados en la tabla 8.

En miembros curvos deben hacerse correcciones para tener en cuenta los esfuerzos adicionales debidos al doblado de las láminas y los esfuerzos radiales que actúan normalmente a los de flexión, cuando actúan momentos exteriores en las partes curvas del miembro.

Por último, en vigas laminadas, al igual que en las de madera maciza, deben hacerse ajustes para tener en cuenta los efectos del pe nalta y la forma de la sección.

Para aplicar las especificaciones de la Secretaría de Obras Públicas, es necesario conocer la especie de la madera y sus propiedades. Cuando se desconoce esta información se concibe la posibilidad de hacer ajustes en los esfuerzos permisibles recomendados en las referencias 8 y 11, en proporciones semejantes a las correcciones propuestas en las especificaciones mencionadas.

Para mayor información sobre propiedades mecánicas y esfuerzos permisibles en estructuras de madera laminada-pegada, consúltase el capítulo 4 de la ref 1, el capítulo 10 de la ref 4 y las tablas que proporciona la ref 9.

3.4 Esfuerzos permisibles para triplay

Como se vió en otra parte del curso, el triplay está formado por conjuntos de láminas de madera, unidas con algún pegamento y colocadas de manera que la fibra de cada lámina es perpendicular a la de las láminas contiguas. Esto hace que en general la resistencia y rigidez de una pieza de triplay sean menores que las de una pieza de madera entera.

La menor resistencia y rigidez del triplay respecto a la madera ordinaria se deben a que las capas del triplay, cuyas fibras son perpen diculares a la dirección del esfuerzo, contribuyen poco a la resistencia del elemento. Sin embargo, la alternancia de capas con fibras perpen diculares entre sí hace que la resistencia a esfuerzos cortantes producidos por fuerzas que actúan en el plano de las placas de triplay, como sucede en los diafragmas y en vigas compuestas con alma de triplay,

sea mayor que para madera maciza.

Los esfuerzos permisibles requeridos para el dimensionamiento de elementos de triplay varían de acuerdo con la especie de las láminas que los integran y el tipo de pegamento. En la tabla 9 se dan rangos de valores típicos. Estos valores se basan en la ref 17 y corresponden a triplay producido en los Estados Unidos. Para los valores aplicables a productos nacionales, es necesario recurrir a las especificaciones de los fabricantes o hacer ensayos.

TABLA 9. ESFUERZOS PERMISIBLES TÍPICOS EN kg/cm^2 PARA TRIPLAY APLICABLES PARA CARGA NORMAL (10 AÑOS) Y AMBIENTE SECO

Tipo de esfuerzo	Esfuerzo permisible
Tensión y flexión (fibras de la cara exterior paralelas o perpendiculares al claro)	70 - 140
Compresión (en dirección perpendicular o paralela a las fibras de la cara exterior)	65 - 115
Aplastamiento (compresión perpendicular a las caras)	11 - 24
Esfuerzo cortante en planos perpendiculares a los planos de las capas del triplay (paralelo o perpendicular a las fibras de las caras exteriores)	1 - 17
Esfuerzo cortante rodante en el plano de las capas del triplay (paralelo o perpendicular a las fibras de las caras exteriores)	3.5 - 4
Módulo de elasticidad en flexión (fibras de las caras exteriores perpendiculares al claro)	53 000 - 126 000

Los esfuerzos dados en la tabla 9 se refieren a cargas de curación normal (aproximadamente 10 años) en estructuras en un ambiente seco en el que el contenido de humedad sea inferior a 16%. La ref 17 indica las correcciones que deben hacerse para condiciones diferentes de éstas.

Al calcular esfuerzos producidos por las cargas de trabajo para compararlas con los esfuerzos permisibles debe tenerse en cuenta la estructura peculiar del triplay. Esto significa que, en general, los cálculos de esfuerzos no pueden hacerse a partir de las propiedades de sección deducidas de las dimensiones de la misma, como es el caso de secciones de madera maciza. Para simplificar el cálculo de esfuerzos en triplay los manuales dan propiedades "efectivas" de secciones de ancho unitario que tienen en cuenta la estructura peculiar del triplay, de tal manera que el proyectista puede proceder como si se tratara de una placa homogénea ortotrópica, es decir, de una placa con propiedades distintas en dos direcciones perpendiculares. Así los manuales dan valores distintos de espesores, áreas y módulos de sección según la dirección considerada. Para el cálculo de deformaciones también se da un momento de inercia distinto para cada dirección. Debe observarse que el módulo efectivo dado para cálculo de esfuerzos no coincide con el que resultaría de dividir el momento de inercia efectivo dado para el cálculo de deformaciones por la mitad del peralte. La manera de obtener las propiedades efectivas de secciones de triplay se trata en el capítulo 4 de la ref 1.

La tabla 9 da esfuerzos cortantes para dos casos: esfuerzos cortantes en planos perpendiculares a las capas de triplay, es decir, a través del espesor del triplay, y esfuerzo cortante "rodante".

Los esfuerzos cortantes permisibles a través del espesor del triplay se refieren al caso de placas sujetas a un marco en todos los lados. Cuando la placa está sujeta en sólo dos lados, los esfuerzos permisibles dados deben multiplicarse por 0.89 cuando la sujeción se efectúa en lados paralelos a las fibras de las caras, y, por 0.75, cuando se hace a lo largo de los lados perpendiculares a las fibras de las caras.

Los esfuerzos cortantes "rodantes" deben revisarse en placas de triplay sometidas a cargas normales a su plano. En esta condición de carga las fibras de la madera en las capas perpendiculares a la fuerza cortante tienden a "rodar", como se muestra en la fig 5. La resistencia a este tipo de esfuerzos es baja, pero es raro que resulte crítica.

El dimensionamiento de elementos de tripul y sometidos a fuer-
zas transversal, como en algunos sistemas de piso, o a fuerzas que
actúan en el plano de las placas de tripul como sucede en los elemen-
tos que funcionan como diafrágmata, es facilitado por las tablas de capa-
cidades de carga que proporcionan los manuales y las especificaciones
de los fabricantes.

4. CONECTORES

4.1. Consideraciones generales

El dimensionamiento de las conexiones o uniones es el aspecto más difícil del diseño de estructuras de madera. Como en las estructuras de otros materiales, es importante reconocer que el comportamiento del conjunto estructural no será adecuado si las conexiones no tienen la resistencia necesaria para que los elementos estructurales que unen puedan desarrollar la capacidad requerida de ellos.

El comportamiento de las conexiones de madera depende de la orientación de la carga con respecto al conector y de éste con respecto a la fibra de la madera.

Es tan complejo que es difícil establecer métodos de análisis racionales y matemáticos. Por lo tanto, el dimensionamiento suele basarse en tablas de capacidades y fórmulas empíricas.

Los elementos de unión o conectores más comúnmente utilizados para formar conexiones son los clavos, los pernos, las pijas, los tornillos, las placas de metal y los pegamentos o colas de diversos tipos. Además, existen conectores patentados tales como los de anillo abierto, los de placa para esfuerzo cortante y los de rejilla. Los conectores patentados, de uso común en Europa y los Estados Unidos, son todavía poco utilizados en México.

En los incisos siguientes se describen brevemente las características, el uso y el comportamiento de algunos de los principales tipos de conectores. Se ha puesto énfasis en los más comunes: los clavos, los tornillos y los pernos. El material referente a estos conectores se basa esencialmente en las recomendaciones del proyecto de Reglamento para las Construcciones para el Distrito Federal (ref 11), que son simples. Para mayor sencillez, las recomendaciones comunes a estos tres tipos de conectores se resumen en el inciso 4.2.

Para más información sobre conectores puede consultarse la sección 29.5 de la ref 3, el capítulo 6 de la ref 1, el capítulo 5 de la ref 4, el capítulo 16 de la ref 5, el capítulo 4 de la ref 6. El tratamiento más completo es el de la ref 1. Puede encontrarse información adicional en manuales y reglamentos como las referencias 7, 8, 9, 10 y 12.

Para casos en que las conexiones van a estar expuestas a variaciones de humedad y cuando la madera está verde, cuando se realiza la unión, deben seguirse criterios más conservadores que los usuales.

4.2 Recomendaciones generales para conectores del proyecto de Reglamento de las Construcciones para el Distrito Federal (ref 11)

La ref 11 da unas recomendaciones generales aplicables a todo tipo de conectores. De acuerdo con estas recomendaciones las cargas permisibles especificadas son independientes de la calidad de la madera y se refieren a condición de carga permanente. Para duraciones cortas de carga se podrán usar los incrementos indicados en la Tabla 10.

TABLA 10. INCREMENTOS A LAS CARGAS PERMISIBLES PERMANENTES, POR DURACION DE CARGA (%)

(t es el espesor en mm del elemento unido y D, el diámetro en mm del conector.)

DURACION	Carga viva	Nieve	Viento o sismo	Impacto
Tipo de carga conector	(10 años)	(2 meses)	(1 hr)	(1 min)
Clavos, tornillos, pernos con $t/D \geq 6$	8	13	25	50
Pernos con $t/D < 6$	15	25	50	100

En lo que se refiere a contenido de humedad, se establece que los valores permisibles dados son aplicables a maderas con un contenido de humedad superior al 18%, o a uniones que quedan expuestas a la intemperie. Para uniones hechas en madera con un contenido de humedad menor que 18% las cargas permisibles podrán aumentarse en un 40%.

Cuando se utilizan varios conectores en una unión, la capacidad permisible de carga será la suma de las capacidades de carga de los conectores considerados individualmente.

4.3 Clavos

Existe una gran variedad de clavos que se distinguen por el tipo de cabeza y de punta, el diámetro y la naturaleza del tratamiento de la superficie del caño. Los tipos más usuales se fabrican de alambre liso y su longitud varía entre 3/4" y 8". En la fig 6 se muestran algunos clavos típicos. Los de doble cabeza son útiles en cimbras que deben desclavarse al descimbrar.

Los clavos pueden utilizarse de dos maneras: aprovechando su resistencia a cargas laterales o su resistencia a la extracción. La primera modalidad es más eficiente. En la fig 7 se muestran estos dos usos gráficamente. Generalmente se limita su empleo a la unión de piezas con espesores inferiores a unos cinco cm.

Resistencia a las cargas laterales

Según la ref 11, la capacidad de carga permisible en kg de una unión de dos miembros de madera, como la mostrada en la fig 7 (a), hecha con un clavo hincado perpendicularmente a las fibras, está dada por la siguiente expresión:

$$P_1 = 12.75 \gamma D^{1.5} \quad (2)$$

donde γ es la densidad relativa de la muestra determinada de su peso anhidro y su volumen a un contenido de humedad mayor del 30% y D es el diámetro del clavo en mm. Si no se conoce γ se permite usar $\gamma = 0.4$, que es una estimación conservadora de la densidad relativa.

Para que la capacidad dada por la expresión anterior sea válida, la penetración de la punta del clavo en el miembro que la recibe debe ser cuando menos 14 veces el diámetro del clavo, y el miembro en contacto con la cabeza deberá tener cuando menos un espesor de 10 veces el diámetro del clavo.

Para los espaciamientos entre clavos se recomiendan los siguientes valores mínimos, en donde D es el diámetro del clavo en mm:

a) Cuando la fuerza actúa en la dirección de las fibras:

- 3 D entre hueras de clavos
- 3 D de los boncos
- 20 D de los extremos
- 20 D entre clavos a lo largo de las fibras

b) Cuando la fuerza actúa normalmente a las fibras:

- 10 D entre hueras de clavos
- 5 D del bonco no cargado
- 10 D del bonco cargado
- 20 D entre clavos a lo largo de las fibras

Para clavos hincados en el extremo de un miembro, paralela - mente a las fibras, la carga será el 60% de la correspondiente al ser hincados normalmente a éstos.

Además de estas recomendaciones, que son las esenciales, la ref 11 abarca casos particulares como el de placas metálicas combinadas con los clavos, la unión de tres o más miembros y otros.

Puede apreciarse que, puesto que no involucran la especie de la madera, las recomendaciones de la ref 11 son fáciles de aplicar, aunque probablemente conservadoras. Otras recomendaciones dan expresiones pa - ra calcular la resistencia lateral que contienen una constante que varía según la especie.

Resistencia a la extracción

La resistencia a la extracción de los clavos fig 7 (o), depende de la dirección de la penetración del clavo con relación a la dirección de las fibras, el tipo de punta, la profundidad de penetración, el diámetro, el acabado superficial y la especie, densidad y contenido de humedad de la madera.

En la ref 11 se propone la siguiente expresión para determinar la capacidad permisible en extracción en kg por centímetro de penetración en la pieza que contenga la punta:

$$P_2 = 11 \gamma^{5/2} D$$

(3)

donde γ y D tienen el mismo significado que en la ecuación (2). Como para la resistencia a cargas laterales, cuando se desconoce el valor de la densidad relativa puede suponerse $\gamma = 0.4$.

Se aprecia que en la expresión propuesta en la ref 11 se considera únicamente la influencia del diámetro y de la densidad relativa, como una manera sencilla de tener en cuenta la especie.

Otros reglamentos dan valores diferentes para las diversas especies.

Las cargas permisibles dadas por la ecuación (3) son aplicables a clavos de superficie lisa empleadas en uniones hechas con madera, ya sea seca o en condición verde, que no será sometida a cambios de humedad.

No se permite el empleo de clavos hincados paralelamente a las fibras, sujetos a cargas de extracción.

Los espaciamientos mínimos entre clavos serán los correspondientes al caso de carga lateral cuando la fuerza actúa en la dirección de las fibras.

Algunos detalles especiales de uniones con clavos

Unión de miembros inclinados entre sí.— En una situación como la mostrada en la fig 8 (a) el clavo debe quedar perpendicular a la fibra en el miembro que recibe la punta y debe dimensionarse para que resista lateralmente la componente horizontal de la carga. En la fig 8 (b) se ilustra una condición en que la componente vertical de la fuerza en el miembro inclinado implica una carga de extracción sobre el clavo. En este caso el clavo debe dimensionarse para resistir tanto la carga de extracción como el empuje lateral debido a la componente horizontal.

Clavos inclinados.— Muchos detalles de unión requieren que los clavos se hincuen en dirección inclinada. En la fig 9 se muestran uniones entre elementos machihembrados para pisos o techos. Cuando se prevén cambios volumétricos de la madera, que originen separaciones entre las tablas, los clavos deben dimensionarse para resistir las fuerzas laterales y de extracción indicadas en la fig 9 (a), debidas a las cargas verticales. Cuando el ajuste entre las tablas es adecuado, como se indica en la fig 9 (b),

no actúan fuerzas sobre el clavo. En realidad, la función más importante de estos clavos es la transmisión de fuerzas cortantes entre que las, como se indica en la fig 9 (c), lo que es importante cuando el piso debe actuar como diafragma. En este caso los clavos quedan sujetos a empujes laterales exclusivamente.

En las figs 10 (a) y 10 (b) se muestran otros detalles de unión con clavos inclinados, utilizados cuando no existe acceso para clavar en la forma indicada en la fig 10 (c) que suele ser preferible.

Existe un tipo de unión ("toe/nailconnection" en la nomenclatura inglesa) en el que es obligado utilizar clavos inclinados. Se trata de uniones entre dos miembros cuyos ejes longitudinales se encuentran en el plano de una unión, como en la fig 11. Si los clavos se hincan en dirección paralela a las fibras de uno de los miembros la resistencia a la extracción sería demasiado baja. Suelen considerarse como cargas permisibles para clavos inclinados en este tipo de uniones, 83% de la carga permisible lateral y 67% de la carga permisible de extracción; si los clavos se hincan con una inclinación de aproximadamente 30° y se introducen a una distancia del extremo de la pieza igual a la tercera parte de la longitud del clavo aproximadamente.

4.4 Tornillos para madera y pijas

Los tornillos para madera varían en longitud de 1/2" a 3" y pueden tener diversos diámetros. Se introducen en la madera con la ayuda de un desarmador en un agujero guía taladrado previamente. Las pijas tienen rosca como los tornillos, pero su longitud puede llegar a ser de 12". También requieren un agujero guía para su fijación, que se efectúa con llaves de tuercas. En la fig 12 se muestran tornillos y pijas típicas. El comportamiento de los dos elementos de unión es semejante y por ello la ref 11 propone recomendaciones comunes a ambos, algunas de las más importantes de las cuales se reseñan en los párrafos siguientes. Como en el caso de las recomendaciones para clavos, las capacidades permisibles se basan de pender exclusivamente de la densidad relativa de la madera, sin involucrar la especie.

Al igual que los clavos, los tornillos y las pijas pueden utilizarse de dos maneras para efectuar conexiones entre elementos de madera: aprovechando sea su resistencia a la extracción o sea su resistencia a las cargas aplicadas lateralmente. Los diámetros utilizados en las expresiones de capacidad permisible de carga son los que corresponden a la caña lisa. En estas expresiones, ϕ y D tienen el mismo significado que para los clavos y también se puede tomar igual a 0.40, si se desconoce el valor real. Se recomienda que los agujeros guía para los tornillos tengan los si-

guientes diámetros: el correspondiente a la caña lisa para recibir a és ta y el correspondiente a las 2/3 del de la caña lisa, como máximo, para recibir la parte roscada.

Resistencia a cargas laterales

En uniones como la mostrada en la fig 13 (a), en las que el torni-
llo es insertado perpendicularmente a las fibras, la capacidad de carga
en kg está dada por

$$P_3 = 3.75 \gamma D^2 \quad (4)$$

Las capacidades de carga dadas por esta expresión son aplicables
cuando los tornillos penetran en el miembro que recibe la punta una dis-
tancia igual a siete veces el diámetro de la caña lisa y cuando los espa-
ciamientos mínimos de los tornillos en función del diámetro de la caña,
D, sean los siguientes:

- 1) Cuando la fuerza actúa en la dirección de las fibras:
 - 3 D entre hileras de tornillos
 - 5 D de los bordes
 - 10 D entre tornillos adyacentes en la dirección de las fibras
 - 10 D de los extremos
- 2) Cuando la fuerza actúa en dirección normal a las fibras:
 - 5 D entre hileras de tornillos
 - 5 D del borde no cargado
 - 10 D del borde cargado
 - 10 D entre tornillos adyacentes en la dirección del grano

Como en el caso de los clavos, la ref 11 da recomendaciones adi-
cionales para situaciones particulares.

Resistencia a la extracción

La capacidad de carga permisible en kg de tornillos sometidos a
fuerzas de extracción, como en la fig 13 (b), e insertados en dirección

perpendicular a la fibra, por centímetro de penetración de la caña rosca en la pieza que contenga la punta, está dada por

$$P_4 = 15.00 \sqrt[4]{D^2} \quad (5)$$

Esta expresión es válida cuando los espaciamientos mínimos de los tornillos sean los correspondientes al caso de carga lateral cuando la fuerza es paralela a las fibras y cuando la capacidad del tornillo a la tensión no sea sobrepasada.

La capacidad permisible a la extracción de un tornillo insertado paralelamente a las fibras será el 75% de la correspondiente al ser insertado perpendicularmente a las fibras, cuando la distancia entre tornillos no sea menor de 10 D.

4.5 Pernos

El perno es uno de los elementos de unión de uso más común porque permite realizar conexiones de considerable resistencia con relativa sencillez. Los pernos pueden ser con cabeza en un extremo y rosca con tuerca en ambos extremos. Su longitud y su diámetro son muy variables. El diámetro varía entre 1/4" y 3".

Generalmente se emplean en combinación con rondanas. Suele recomendarse que el diámetro de los agujeros en los que se coloquen los pernos no exceda en más de 1.6 mm al de los pernos.

Las principales variables que influyen en la capacidad de una conexión hecha con pernos son la especie, la clasificación y el contenido de humedad de la madera, la geometría de la unión y la distancia de los pernos a los bordes y extremos de las piezas unidas. Antes de reseñar las recomendaciones empíricas que se proponen en la ref 11, se describirá brevemente el comportamiento de algunas uniones sencillas para ilustrar la complejidad de las uniones entre elementos de madera.

Consideremos primero la unión de dos piezas de madera unidas a una tercera pieza central, más gruesa, como se indica en la fig 14 (a). La forma en que se aplica la carga se muestra en la misma figura. Como el agujero en que se coloca el perno es un poco mayor que el diámetro de éste, se presenta un deslizamiento inicial en el momento en

que se aplica la carga. Una vez que el perno se ha apoyado firmemente contra la madera la relación carga-deslizamiento es lineal hasta una carga que es bastante menor que la resistencia última de la conexión. A partir de este momento la carga produce aplastamiento en las caras en contacto de los miembros de madera. La curva se va tendiendo a medida que progresa el aplastamiento de las fibras y se va deformando el perno. Las cargas permisibles suelen establecerse de manera que sean del orden de la mitad del límite de proporcionalidad. En la fig 14 (b) se muestra cualitativamente una gráfica carga-deslizamiento típica.

Pueden hacerse las siguientes consideraciones sobre uniones del tipo descrito. Cuando más densa y resistente sea la madera y mayor el diámetro del perno, mayor será la resistencia de la unión. La resistencia del perno no afectará el límite de proporcionalidad de la conexión a no ser que el perno sea tan débil que empiece a doblarse antes de que se inicie el aplastamiento de las fibras de madera; cuanto más tiempo permanezca recto el perno, tanto más uniforme será la distribución de esfuerzos de aplastamiento en la madera. Una conexión con los miembros laterales o el miembro central muy delgado fallará a una carga baja; existe una condición balanceada entre los espesores de los miembros unidos, tal que los tres miembros alcanzan un estado crítico simultáneamente. Si el perno está demasiado cerca del extremo de los miembros el comportamiento es muy distinto: la falla sobreviene por rajaduras longitudinales de la madera.

Si los miembros se unen como en la fig 15, de manera que en el miembro central las fuerzas actúan en sentido perpendicular a las fibras la resistencia que puede desarrollarse es mucho menor que en el caso anterior. Esto se debe a que la pieza central se ve sometida a esfuerzos de tensión perpendiculares a las fibras. Como es sabido la resistencia de la madera a este tipo de esfuerzos es baja.

Es frecuente tener que unir miembros con sus ejes inclinados entre sí, como se muestra en la fig 16. En este caso debe recurrirse a la fórmula de Hankinson, como se indica en la reseña de las recomendaciones de la ref 11 que se presenta más adelante.

Es posible unir sólo dos miembros por medio de un perno, como se indica en la fig 17. Es evidente que el comportamiento de este tipo de conexión será menos favorable que el de las descritas anteriormente porque se cuenta con un sólo plano de resistencia a cortante, las fuerzas actúan excéntricamente, el perno queda sujeto a una flexión fuerte y el aplastamiento de la madera se inicia a una carga baja.

En la fig 13 se muestran dos ejemplos de conexiones con cuatro pernos. En una, los miembros laterales son paralelos al miembro central de manera que en todos los miembros las fuerzas actúan paralelamente a la dirección de las fibras. En la otra, los miembros laterales son perpendiculares al miembro central y las fuerzas están aplicadas de manera que en el miembro central actúan en dirección perpendicular a las fibras. Experimentalmente se ha comprobado que la resistencia del conjunto de los cuatro pernos es sólo ligeramente inferior a la resistencia que habrían tenido los pernos considerados individualmente. Como es lógico suponer, la resistencia de uniones en que las fuerzas actúan en dirección perpendicular a las fibras es considerablemente menor a la del caso en que todas las fuerzas son paralelas a las fibras.

El comportamiento de uniones de miembros de madera a base de pernos se comenta más ampliamente en el inciso 6.2 de la ref 1, el inciso 29.5 de la ref 3, el cap 5 de la ref 4 y el cap 15 de la ref 5. A continuación se presenta un breve resumen de las recomendaciones propuestas en el Proyecto de Reglamento del Distrito Federal (ref 11).

La ref 11 da cargas laterales permisibles para uniones con un perno para diversos casos. Cuando se utiliza más de un perno se considera que la carga permisible se puede obtener sumando las cargas permisibles de los pernos considerados individualmente. Se reseñan aquí únicamente los casos más importantes.

i. Uniones en que los ejes longitudinales de las piezas por unir son colineales

A. Caso base. Unión de tres piezas, en que las piezas exteriores tienen por lo menos la mitad del espesor de la pieza central. Su capacidad en kg, se obtiene de

$$P_3 = 1.12 \sqrt{k} \cdot D \cdot t \quad (6)$$

En donde $\sqrt{k}$ y D tienen el significado dado en secciones anteriores y t es el espesor del miembro central en milímetros. El valor de $\sqrt{k}$ se da a continuación en función de t/D :

t/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\sqrt{k}$	1.00	1.00	1.00	0.97	0.93	0.86	0.76	0.65	0.57	0.45

3. Unión de tres piezas, en que las piezas exteriores tienen un espesor menor de la mitad de la pieza principal. La capacidad de carga está dada por la capacidad del caso base tomando t igual a dos veces el espesor menor.

C. Unión de dos piezas. La capacidad de carga será la mitad de la del caso base, considerando t como dos veces el espesor de la pieza más delgada.

II. Uniones en que los ejes longitudinales de las piezas por unir son perpendiculares

A. Caso base. Unión de tres piezas, en la que las piezas exteriores tengan por lo menos la mitad del espesor de la pieza central. La capacidad en kg se obtiene de

$$P_6 = 0.35 \gamma \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot D \cdot t \quad (7)$$

en donde γ , D y t tienen el significado y las unidades dadas en secciones anteriores. Los valores de k_2 y k_3 se dan a continuación, en función de t/D y D , respectivamente:

t/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k_2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.86	0.76

mm (Pulg)	6.4(1/4)	9.5(3/8)	12.7(1/2)	15.01(5/8)
k_3	2.50	1.95	1.68	1.52

mm (Pulg)	19.1(3/4)	22.2(7/8)	15.4(1)	31.8(1 1/4)
k_3	1.41	1.33	1.23	1.19

mm (Pulg)	38.1(1 1/2)	50.8(2)
k_3	1.14	1.07

Para otros casos se calculan las cargas permisibles de acuerdo con el inciso anterior y considerando el caso base de este artículo.

III. Uniones en que los ejes longitudinales de las piezas por unir forman un ángulo Θ entre sí

La capacidad de carga de estas uniones se calcula usando la fórmula de Hankinson, utilizando las capacidades de carga de dicha unión para $\Theta = 0^\circ$ y $\Theta = 90^\circ$, en lugar de esfuerzos permisibles. Véase la fig 16.

Los espaciamientos mínimos recomendados en la ref 11 para uniones con pernos son los siguientes, siendo D el diámetro de los pernos:

I. Cuando las fuerzas actúan en la dirección de las fibras:

4 D pernos adyacentes en la dirección de la fibra
1-1/2 entre hileras de pernos
7 D del extremo cargado
4 D del extremo no cargado

II. Cuando las fuerzas actúan en dirección normal a las fibras:

4 D entre pernos adyacentes en la dirección de la fibra
4 D de los extremos
4 D del borde cargado
1-1/2 D del borde no cargado
5 D entre hileras de pernos para $t/D \leq 6$
2-1/2 D entre hileras de pernos para $t/D = 2$
(Se interpola entre los dos últimos valores para: $2 < t/D \leq 6$)

4.6 Placas

En ocasiones se forman uniones combinando clavos, tornillos o pernos con placas de acero. Los reglamentos permiten incrementar las conexiones reforzadas con placas en un porcentaje del orden de 25. Para armaduras ligeras se han desarrollado placas patentadas con salientes integrados que actúan como clavos. Para uniones en que las fuerzas que deben transmitirse son relativamente pequeñas, como sucede en armaduras para techos de viviendas a veces se emplean placas de triplay combinadas con cola o clavos.

4.7 Conectores diversos

Como ya se dijo, además de los que han sido descritos en los incisos anteriores, existe un sinnúmero de conectores especiales, generalmente patentados. Sus capacidades suelen estar tabuladas en las especificaciones de los fabricantes. Se describirán aquí, muy brevemente, algunas de las más comunes.

Los conectores descritos se utilizan en uniones de estructuras pesadas, en combinación con pernos, con ellos se logran capacidades del orden de cinco veces las correspondientes a los pernos solos. Su objeto es repartir las fuerzas en superficies de madera relativamente grandes, con lo que se reducen las concentraciones de esfuerzos de aplastamiento que se presentan cuando los pernos se utilizan solos. El comportamiento de diversos conectores patentados semejantes a los que se mencionan a continuación es analizado ampliamente por Gurfinkel, en el inciso 6.4 de la ref 1, Hansen, en el cap 5 de la ref 4, y Hoyle, en el capítulo 13 de la ref 19. La ref 7 contiene algunas recomendaciones sobre su uso.

Conectores de anillo partido

En la fig 19 se muestra un conector de anillo partido y la forma en que transmite fuerza cortante. En la misma figura se muestran dos uniones como las utilizadas para hacer ensayos de este tipo de conectores. El anillo de acero se coloca en unas ranuras circulares formadas en las superficies de las piezas por unir. Las piezas se mantienen unidas por medio de un perno. Las fuerzas en los miembros se transmiten a través de la conexión por medio de los esfuerzos de aplastamiento distribuidos en la superficie relativamente grande del anillo. El anillo se parte para facilitar la distribución de la carga en el interior y el exterior del anillo y para tener en cuenta los cambios volumétricos de la madera.

Conectores de placa para esfuerzo cortante

El principio en que se basa este tipo de conector se muestra en la fig 20. Está constituido por dos pernos circulares metálicos fijados en ranuras practicadas en la pieza por unir. La fuerza es transferida de miembro a miembro a través del perno, pero la transferencia de la carga del miembro al perno se efectúa a través de la superficie relativamente grande en torno al anillo del conector. Estos conectores son especialmente útiles cuando se desea unir un miembro de madera con uno de acero.

Otros conectores

En la fig 21 se muestran algunos otros tipos de conectores mecánicos.

4.8 Pegamentos

Los pegamentos se utilizan no solamente para formar elementos de madera laminada o triplay, así como combinaciones diversas de triplay con madera ordinaria, sino también en conexiones entre miembros estructurales.

Existe una gran diversidad de pegamentos y colas, unos de origen natural como la caseína, fabricada de leche cuajada mezclada con cal o sal de sodio, y otros, artificiales como las resinas sintéticas.

Los tres tipos más comunes son los siguientes:

Resinas fenólicas. Son resinas sintéticas. Son difíciles de aplicar, pero constituyen el pegamento más satisfactorio desde el punto de vista de resistencia y durabilidad. Resisten la humedad, de manera que pueden usarse en estructuras que se encuentran a la intemperie.

Caseína. Es más fácil de aplicar que las resinas fenólicas sintéticas, pero más sensible a la humedad. Su uso debe limitarse a estructuras protegidas de la intemperie.

Urea. Es también una resina sintética. Se aplica con facilidad, pero su comportamiento es dudoso. Se tiende a prescindir del uso de este pegamento.

Al escoger un pegamento debe investigarse sus características de durabilidad, el procedimiento de aplicación y su capacidad para transmitir esfuerzos cortantes paralelos a las superficies unidas o esfuerzos de tensión perpendiculares a ellas. Las especificaciones de los fabricantes suelen proporcionar datos útiles.

Para mayor información sobre pegamentos y adhesivos consúltense las refs 13, 14, 15 y el inciso 190 de la ref 4.

5. MIEMBROS EN TENSION

En otra parte del curso se vió que la resistencia de la madera a tensiones en dirección paralela a las fibras es alta. Sin embargo, la resistencia a tensiones perpendiculares a las fibras es considerablemente menor: del orden de 1/40 de la resistencia a tensiones paralelas a las fibras. Por ello los miembros en tensión, como los que se presentan en las armaduras, se detallan de manera que los esfuerzos longitudinales sean paralelos a la dirección de las fibras. La condición de tensión transversal se acepta únicamente en conexiones de piezas normales entre sí, donde puede presentarse en forma local.

La tensión de trabajo que puede soportar un miembro de madera se calcula por medio de la ecuación:

$$T = A_n f_t \quad (8)$$

donde T es la tensión que puede soportar el miembro en condiciones de servicio, A_n es el área neta o efectiva de la sección del miembro y f_t es el esfuerzo permisible de tensión paralela a las fibras.

El área neta se define como la sección total menos las reducciones debidas a ranuras o agujeros para conectores. La capacidad del miembro estará regida por la capacidad de la sección que tenga el área neta mínima.

Debe tenerse en cuenta que es frecuente que las dimensiones de un miembro en tensión no estén determinadas por la resistencia a tensión de la madera, sino por los esfuerzos cortantes que se presentan en los detalles de conexión. En la fig 22 se presenta una situación típica.

Una manera de evitar las reducciones de capacidad que caracterizan a la mayoría de los detalles de conexión de miembros en tensión, consiste en realizar la unión por medio de adhesivos y placas de triplay. Este procedimiento se ha utilizado en las conexiones de miembros de armaduras ligeras.

6. MIEMBROS EN COMPRESION

6.1 Consideraciones generales

Los miembros estructurales de madera sometidos esencialmente a compresión se presentan bajo la forma de columnas, miembros de armaduras y puntales. Se construyen de manera que las fibras queden paralelas a los esfuerzos de compresión ya que, como se ha visto, la resistencia a este tipo de esfuerzos en sentido perpendicular a las fibras es baja.

Los miembros de madera sujetos a compresión pueden clasificarse en tres tipos:

- a) Enterizos (o macizos)
- b) De sección compuesta
- c) De elementos espaciados

Las columnas están formadas por una sola pieza a veces un tronco de árbol sin labrar (fig 23-a).

Las columnas de sección compuesta están formadas por varias piezas ligadas entre sí (fig 23-b). La unión puede hacerse por medio de clavos, pijas o pernos dispuestos según recomendaciones empíricas. Un caso particular de este tipo de miembro son las columnas de madera laminada, constituidas por piezas unidas por medio de adhesivos.

Las columnas de elementos espaciados están formados por dos o más piezas, con los ejes longitudinales paralelos, y ligadas por empaques y pernos o conectores (fig 23-c). Las características de los empaques de unión se establecen en los diversos reglamentos. Véase, por ejemplo, la ref 7.

De hecho es raro el miembro estructural sujeto a carga axial de compresión exclusivamente, ya que es difícil evitar alguna excentricidad por curvatura del eje debida a errores de fabricación, momentos introducidos en los detalles de conexión, o efectos de acciones no previstas en el análisis. Por ello, en la práctica actual (refs 1 y 11) se tiende a considerar una excentricidad mínima aún cuando el análisis de la estructura

no indique la presencia de momentos. Así, todas las columnas y miembros semejantes se calculan como miembros sometidos a flexocompresión. En esta sección se considera la condición de carga axial ideal. Si se desea considerar una excentricidad mínima se procedería como en la sección dedicada a miembros en flexocompresión. Se estudia el caso de columnas macizas con algún detalle y se hacen consideraciones generales sobre el dimensionamiento de los otros dos tipos.

6.2 Dimensionamiento de miembros enterizos sometidos a compresión axial

Los miembros enterizos de madera sometidos a compresión pueden dividirse en dos clases: columnas cortas, en las que los efectos de esbeltez pueden despreciarse, y columnas largas que fallan por inestabilidad antes de que la madera alcance su capacidad en compresión.

El esfuerzo crítico de pandeo para columnas largas está dado por la ecuación de Euler:

$$f'_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(kl/r)^2} \quad (9)$$

donde k es el factor de longitud efectiva, l es la longitud libre de la columna, r es el radio de giro mínimo de la sección y los demás términos son conocidos. El producto kl recibe el nombre de longitud efectiva y, físicamente, es la distancia entre puntos de inflexión. En la fig 24 se dan los valores teóricos de k para algunas situaciones típicas junto con valores recomendables para el dimensionamiento. Los valores sugeridos para dimensionamiento son, en general, algo mayores que los teóricos para tener en cuenta que en situaciones reales es difícil lograr empotramientos perfectos. En otros casos puede estimarse la longitud efectiva en forma aproximada, dibujando la forma deformada de la elástica y midiendo la distancia entre puntos de inflexión. Son útiles los nomogramas para determinación de longitudes efectivas que presentan los manuales y reglamentos del American Institute of Steel Construction y del American Concrete Institute. Estos nomogramas se basan en las gráficas preparadas originalmente por Jackson y Moreland (ref 21).

Para miembros rectangulares de madera se puede sustituir l/r por l/b , donde b es la dimensión de la sección perpendicular al eje de pandeo, es decir, la dimensión mínima. Es fácil comprobar que el radio de giro de una sección rectangular está dado por $r = b/\sqrt{12}$. Sustituyendo r por $b/\sqrt{12}$ en la ec (9) se obtiene

$$f'_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left[kl / (b/r_2) \right]^2} \frac{0.82 E}{(kl/b)^2} \quad (10)$$

Si se utiliza un factor de 2.75 contra falla por pandeo la ec (10) se convierte en

$$c = \frac{0.82 E}{2.75 (kl/b)^2} = \frac{0.3 E}{(kl/b)^2} \quad (11)$$

donde c es el esfuerzo que debe utilizarse para el dimensionamiento de la columna. La ecuación (11) rige mientras c sea inferior al esfuerzo permisible de la madera para miembros de esbeltez despreciable, en compresión paralela a las fibras, determinado como se indicó en la sección 3. Los valores de l/b para los cuales deja de ser válida la ecuación (11) varían entre 16 y 20 según el módulo de elasticidad de la madera y el esfuerzo permisible en compresión paralela a la fibra. En la fig 25 se muestra una curva de dimensionamiento típico en la que se aprecia la forma de definir la relación de esbeltez a partir de la cual la columna falla por aplastamiento del material y debe dimensionarse como corta. Generalmente la relación de esbeltez máxima admisible se limita a 50. Si el miembro no es de sección rectangular se sustituye en las expresiones anteriores $\sqrt{12}$ veces el mínimo radio de giro de la sección transversal en vez de b.

El procedimiento expuesto no es de gran exactitud pero es de fácil aplicación, por lo que es aconsejable para cálculos preliminares aproximados o para el dimensionamiento de miembros de poca importancia. Cuando se requiere mayor precisión debe recurrirse a métodos como los propuestos en la ref 11 o en el cap 8 de la ref 1.

El Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (ref 8) considera tres casos: columnas cortas, columnas intermedias y columnas largas. Las columnas cortas se dimensionan con los esfuerzos permisibles para madera en compresión paralela a las fibras especificadas para miembros cortos. El dimensionamiento de las intermedias se basa en una forma simplificada de la expresión por el laboratorio de Productos Forestales de los Estados Unidos (inciso 130 de la ref 4). Para las columnas esbeltas se utiliza una simplificación de la fórmula de Euler.

6.3 Dimensionamiento de miembros compuestos sometidos a carga axial

Los miembros compuestos tienen menos resistencia que los miembros enteros de iguales dimensiones. La ref 8 recomienda que este tipo de columnas se dimensionen como si se tratara de columnas macizas, pero aplicando un coeficiente de reducción. Para que sea aplicable este método de dimensionamiento la unión entre los elementos que forman el miembro debe cumplir con determinados requisitos. Para mayor información véanse la ref 7, el inciso 13.11 de la ref 5 y el inciso 132 de la ref 4.

Debe observarse que los miembros de madera laminada, que en cierta forma pueden considerarse como miembros compuestos, se dimensionan también como si se tratara de madera maciza, pero con esfuerzos permisibles más altos.

6.4 Dimensionamiento de miembros espaciados

Los miembros formados por piezas unidas con espaciadores de algún tipo se utilizan con frecuencia en las barras de compresión de las armaduras. Los requisitos que deben cumplir los separadores se especifican en normas como las de las refs 7 y 8 que también contienen recomendaciones para el dimensionamiento de este tipo de elementos. Véase también el inciso 133 de la ref 4 y los incisos 13-8, 13-9 y 13-10 de la ref 5.

7. MIEMBROS SOMETIDOS A FLEXION (VIGAS)

7.1 Vigas de madera maciza

Debido a la estructura y propiedades particulares de la madera, las vigas de este material se labran de manera que las fibras queden orientadas en sentido normal a la dirección de las fuerzas transversales que deberán soportar; es decir, las fibras deben quedar paralelas al eje longitudinal de la viga. En estas condiciones la madera resiste acciones flexionantes con gran eficiencia, ya que la relación entre su rigidez en flexión y su peso es alta.

El dimensionamiento de vigas de madera maciza comprende el análisis de los efectos del momento flexionante, la fuerza cortante y el aplastamiento en los apoyos y bajo cargas concentradas así como la predicción de la deflexión probable. Estos aspectos fundamentales se tratan brevemente a continuación. (El comportamiento y el dimensionamiento de miembros en flexión se trata más ampliamente en el inciso 29.2 de la ref 3, el cap 7 de la ref 1, el cap 9 de la ref 19, el inciso 175 de la ref 4 y los capítulos 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 21, 23 y 24 de la ref 5.)

Flexión

En flexión, el comportamiento de la madera es prácticamente elástico hasta niveles de carga relativamente altos.

Una viga de madera sometida a una carga transversal creciente exhibe distribuciones de esfuerzos semejantes a los mostrados en la fig 26, para una viga simétrica. Se aprecia que para una carga baja el eje neutro queda al centro y la distribución de esfuerzos es lineal. A medida que la carga se va aproximando a la que produce la falla, la distribución de esfuerzos deja de ser lineal y la profundidad del eje neutro aumenta. Este comportamiento se debe a las diferencias en las gráficas esfuerzo-deformación de la madera sujeta a tensión o a compresión. Por regla general las fallas por flexión se inician con el aplastamiento de las fibras de compresión, a la que sigue la rotura de las fibras en tensión.

A pesar de que el comportamiento de las vigas de madera no es

rigurosamente elástico se suele considerar aplicable la teoría convencional de flexión según la cual los esfuerzos pueden calcularse por medio de la fórmula de la escuadría:

$$f = \frac{M_c}{I} \quad (12)$$

que se considera aplicable para relaciones de peralte a ancho menores de cinco. Los esfuerzos calculados con esta expresión deben ser inferiores a los permisibles para flexión en condiciones normales (sección 3) corregidos por los siguientes factores, que tienen en cuenta ciertas peculiaridades del comportamiento de vigas de madera.

Factor de corrección para efecto del peralte. Los esfuerzos de flexión que alcanzan vigas muy aperaltadas ensayadas a la falla son menores que los que se presentan en vigas de menor peralte. Esto suele atribuirse a que en las vigas aperaltadas es menor la restricción proporcionada a las fibras extremas, expuestas a esfuerzos críticos de compresión, por las fibras vecinas, que soportan esfuerzos menores. Para tener este efecto en cuenta, el laboratorio de Productos Experimentales de los Estados Unidos (sección 29.2 de la ref 3) ha propuesto la siguiente fórmula empírica para vigas rectangulares

$$C_d = 0.81 \frac{d^2 + 922}{d^2 + 568} \quad (13)$$

donde h es el peralte en cms y C_d es un factor menor que la unidad utilizado para disminuir el esfuerzo permisible de flexión. También puede utilizarse la fórmula propuesta por Bonannan (sección 29.2 de la ref 3).

$$C_d = \left(\frac{12}{d} \right)^{1/9} \quad (14)$$

en la que d está en pulgadas. Los valores del coeficiente de corrección por efecto del peralte dados por ambas fórmulas varían entre 0.8 y 1. Las dos ecuaciones son aplicables para peraltes mayores de 30 cm. El momento permisible en una viga en la que haya que considerar el efecto del peralte, estará dado, entonces, por la ecuación

$$M_{permisible} = C_d f_{fp} S \quad (15)$$

donde f_{fp} es el esfuerzo permisible de flexión en condiciones normales

y S es el módulo de sección.

Factor de forma. El efecto del grado de apoyo proporcionado por las fibras vecinas a las fibras sometidas a esfuerzos críticos de compresión también debe considerarse en secciones que no son rectangulares como las mostradas en la fig 27. En los casos (a) y (b) el ancho de la viga en la región de las fibras extremas es pequeño; existe abundancia de fibras contiguas que proporcionan apoyo porque el ancho de la sección aumenta al ir aumentando la distancia a la fibra extrema superior. Por el contrario, la viga cajón del caso (c) tiene zonas en compresión relativamente pequeñas y las fibras extremas no cuentan con mucho apoyo de las fibras vecinas. Se intuye que las secciones de casos (a) y (b) deben ser más resistentes que una sección rectangular con el mismo módulo de sección, mientras que la resistencia de una sección como la del caso (c) debe ser menor. Para secciones circulares suele tomarse un factor de forma $C_F = 1.18$. Para secciones cuadradas con el plano de flexión paralelo a una diagonal, el factor de forma es 1.414. Gurfinkel (inciso 7.4.4 de la ref 1) propone ecuaciones para calcular el factor de forma de secciones I y de secciones de cajón. En todos los casos el factor se aplica a los esfuerzos permisibles de flexión para condiciones normales, de manera que el momento permisible está dado por

$$M_{\text{permisible}} = C_F f_{fp} S \quad (16)$$

Cuando deben considerarse los dos factores el momento permisible resulta

$$M_{\text{permisible}} = C_d C_F f_{fp} S \quad (17)$$

Las consideraciones anteriores son válidas cuando existen soportes laterales en la cara de compresión de las vigas. Cuando no se cuenta con estos soportes puede presentarse una tendencia al pandeo lateral que puede provocar la falla a cargas menores que las correspondientes a la falla por flexión. El pandeo lateral es una función de la relación entre la distancia entre apoyos laterales y el ancho del lado comprimido. El problema del pandeo lateral de vigas se trata en el inciso 7.10 de la ref 1 y en el inciso 126 de la ref 4. En muchos casos la restricción lateral de la cara de compresión es adecuada, de manera que puede despreciarse la inestabilidad lateral. Por ejemplo, es evidente que las vigas que soportan un sistema de piso de tabla rígidamente unido a las vigas tendrá su cara de compresión restringida al pandeo. Suele considerarse que cuando la relación de peralte a ancho es inferior a dos el pandeo no es significativo. Los reglamentos suelen dar recomendaciones empíricas sobre las condiciones que deben existir para poder despreciar los efectos de inestabilidad.

Fuerza cortante

Aunque el momento suele regir el dimensionamiento de vigas de madera, pueden presentarse situaciones en que sea crítica la fuerza cortante.

En un elemento sujeto a cargas transversales, la fuerza cortante produce esfuerzos cortantes en planos perpendiculares y paralelos al eje del elemento. La madera tiene considerable resistencia a esfuerzos cortantes normales a las fibras. Sin embargo, su resistencia a esfuerzos paralelos a las fibras es baja. Puesto que las vigas se fabrican de manera que las fibras queden orientadas en sentido paralelo a su eje longitudinal, cuando la fuerza cortante resulta crítica, provoca fallas en planos horizontales, debidas a esfuerzos cortantes horizontales (o rasantes). Los esfuerzos cortantes se revisan con la expresión clásica para materiales elásticos:

$$N = \frac{VQ}{Ib} \quad (18)$$

Para secciones rectangulares esta expresión se convierte en

$$N = \frac{3}{2} \frac{V}{bd} \quad (19)$$

donde V es la fuerza cortante y b y d son las dimensiones de la sección. Esta expresión da los esfuerzos en el plano neutro, que son los máximos.

Acciones normales a las fibras

En las vigas pueden presentarse esfuerzos de compresión normales a las fibras en los apoyos y bajo las cargas concentradas, como se muestra en la fig 28. Los valores de los esfuerzos de compresión se obtienen dividiendo la carga entre el área en que está aplicada. Estos valores deben ser inferiores a los permisibles.

Deflexión

Suele aceptarse que la deflexión de vigas de madera puede predecirse por medio de las expresiones que proporciona la Mecánica de Materiales.

les para el cálculo de deflexiones debidas a flexión. Esto implica: a) que se considera válida la hipótesis de que las secciones planas antes de la sección permanecen planas después de ella, y, b) que la deformación debida a cortante es despreciable (fig 29 - a). Esto no es rigurosamente cierto en vigas de madera debido a la escasa resistencia a esfuerzos rasantes de la madera, que hace que las secciones se curven bajo el efecto de las acciones transversales por cortante (fig 29-b). Sin embargo, los errores que resultan son pequeños, de manera que se justifica el empleo de las fórmulas usuales para la determinación de deflexión por flexión.

Los módulos de elasticidad para cálculo de deflexiones se determinan a partir de ensayos de flexión. El momento de inercia es el real de la sección.

Al estudiar las deformaciones de estructuras de madera debe tenerse en cuenta que las vigas, cuando quedan sometidas a cargas que actúan durante largo tiempo, adquieren deformaciones adicionales que pueden ser del mismo orden que las que resultan de un cálculo elástico. Esto no significa que el módulo de elasticidad cambia con el tiempo. Por el contrario, permanece constante, lo que puede comprobarse ensayando vigas que han estado cargadas durante largo tiempo: el módulo que resulta es el mismo que el obtenido antes de la aplicación de la carga.

7.2 Vigas de madera laminada-pegada

Las características y ventajas de la madera laminada-pegada han sido expuestas en otro lugar.

En cuanto a las ventajas estructurales de las vigas de madera laminada es oportuno recordar las siguientes:

- i) Pueden alcanzar longitudes del orden de 60 m, mucho mayores que las que pueden tener las de madera enteriza.
- ii) Se pueden dimensionar usando esfuerzos permisibles más altos que los correspondientes a madera ordinaria.
- iii) Permiten gran libertad en la elección tanto de la sección transversal como de la configuración longitudinal (fig 30). Además de ofrecer

posibilidades arquitectónicas interesantes, esto hace factible distribuir el material de acuerdo con los requisitos de resistencia del miembro.

En general el dimensionamiento de las vigas de madera laminada es semejante al de vigas de madera maciza. Al igual que en éstas, deben considerarse factores por el efecto del peralte y por la forma. Además, en el caso de miembros curvos, deben revisarse los efectos que se mencionan en la sección 3.3, que se estudian más ampliamente en las secciones 7.13 y 7.14 de la ref 1, así como los problemas especiales que presentan las vigas de peralte variable (pag 4.24 de la ref 9 e inciso 7.15 de la ref 1). Para más datos sobre el dimensionamiento de este tipo de vigas véase el capítulo 23 de la ref 5, el capítulo 9 de la ref 4, el capítulo 3 de la ref 1 y el capítulo 15 de la ref 19.

7.3 Pisos y cubiertas de madera

Una aplicación importante de piezas de madera en flexión es en la construcción de sistemas de piso o cubiertas ("lumber decks" en la terminología inglesa) para edificios, puentes y muelles.

Los pisos y cubiertas de madera se forman tendiendo duelas o tablones machihembrados sobre vigas o largueros con claro superiores a 1.20 m. Los espesores y anchos son variables. Para cimbras o cargas ligeras es frecuente la duela de 1/2" de espesor y 4" de ancho. Para cargas pesadas como las de los puentes o pisos de instalaciones portuarias o industriales se han llegado a usar tablones hasta de 4" de espesor con anchos hasta de 10". En la fig 30¹ se muestran las características de dos tipos de tablón machihembrado típicos.

En la colocación y el clavado de las duelas y tablones deben seguirse determinadas reglas, algunas de las más importantes de las cuales se ilustran en la fig 30¹. Los manuales dan expresiones empíricas para la revisión de esfuerzos de flexión y flechas, que son aplicables cuando se han respetado las reglas mencionadas. Véase, por ejemplo, la tabla 33 de la ref 19.

El diseño de pisos y cubiertas de madera se trata en el capítulo 20 de la ref 5 y en el cap 12 de la ref 19.

7.4 Placas de triplay sometidas a cargas normales a su plano

Las placas de triplay se utilizan con frecuencia en sistemas de piso o techo y en cimbras. En ambos casos deben soportar cargas perpendiculares a su plano. Al detallar las estructuras correspondientes debe recordarse que la resistencia y rigidez de las placas de triplay es distinta según la dirección considerada. Para aprovechamiento óptimo las placas deben colocarse de manera que las fibras de las placas exteriores queden paralelas al claro, como se indica en la fig 31. El cálculo de esfuerzos se efectúa utilizando las propiedades "efectivas" de las secciones, como se indicó en el inciso 3.4. Es importante revisar la deflexión, que con frecuencia es el factor crítico. El dimensionamiento de elementos de triplay se trata con detalle en el capítulo 4 de la ref 1 y en el capítulo 7 de la ref 19.

7.5 Vigas compuestas de combinaciones diversas de piezas de madera enteriza, madera laminada y triplay

Es posible fabricar vigas de diversas combinaciones de piezas de madera enteriza, madera laminada y triplay. En la fig 32 se muestran algunas combinaciones posibles. Las piezas se unen por medio de clavos, tornillos, pernos o pegamentos. Estos medios de unión deben ser capaces de transmitir las fuerzas rasantes originadas por la flexión. La magnitud de las fuerzas se determina utilizando los procedimientos generales que proporciona la Mecánica de Materiales. Al dimensionar este tipo de miembros es importante tener en cuenta los factores de forma que recomiendan los reglamentos.

En las secciones compuestas es posible buscar combinaciones que permitan aprovechar el material en forma óptima concentrándolo donde los esfuerzos son críticos y buscando momentos de inercia mayores que los correspondientes a secciones rectangulares con la misma área.

En las vigas I y vigas cajón, con combinaciones de triplay y madera enteriza ordinaria o madera laminada, por ejemplo, los esfuerzos de compresión y tensión se resisten con los patines y los esfuerzos cortantes con el alma de triplay. El triplay resiste los esfuerzos cortantes más eficientemente que la madera ordinaria ya que en el plano su resistencia a este tipo de esfuerzos es semejante en las dos direcciones perpendiculares. Como las almas de triplay son muy esbeltas a veces es necesario rigidizarlas con atiesadores como se muestra en la fig 33. Estos atiesadores también sirven para repartir tanto las cargas concentradas que actúan sobre la viga como las reacciones en los apoyos. En circuns-

tancias favorables el mayor costo de fabricación de vigas de esta clase es compensado por la mayor eficiencia de las secciones usuales en ellas. Su uso suele limitarse a claros inferiores a 10 metros, ya que en claros mayores pueden presentarse problemas de deflexiones excesivas. Puede encontrarse más información sobre el diseño de vigas con almas de display en el inciso 195 de la ref 4, la ref 18 y en el capítulo 17 de la ref 19.

En la fig 34 se muestran diversas maneras de formar secciones compuestas sobreponiendo una viga sobre otra. Pueden combinarse dos o más vigas. En el inciso 305-c de la ref 7 se dan recomendaciones sobre este tipo de miembros.

Un sistema interesante de formar miembros compuestos es el sistema patentado HB de uso común en Gran Bretaña. Consiste en la combinación de componentes laminados pegados con componentes de madera aserrada ordinaria para formar miembros de sección I. El alma se constituye con dos capas de tablas de una pulgada de espesor, colocadas perpendicularmente entre sí y diagonalmente respecto al eje del miembro, como se muestra en la fig 35. Los patines están formados por piezas de madera laminada-pegada fijadas por medio de clavos a los bordes superior e inferior del alma. En las regiones donde puede haber problemas de pandeo del alma se utilizan atiesadores a ambos de ésta, unidos a ella por medio de clavos. Para lograr economías el número de laminaciones en los patines puede reducirse de acuerdo con las variaciones de momento, como se indica en la fig 35. En la fig 36 se muestran algunas aplicaciones típicas de miembros HB.

En una variante del sistema HB se utilizan piezas de madera ordinaria en lugar de las piezas de madera laminada, como se aprecia en la fig 37. En el inciso 305 D de la ref 7 se dan recomendaciones para este tipo de vigas.

7.6 Vigas compuestas de madera y otros materiales

Se comentarán, brevemente, dos casos: secciones de madera con acero, secciones de madera con concreto.

Secciones de madera con acero

Se ha recurrido al acero para reforzar vigas de madera laminada u ordinaria, fijando soleras de acero sobre la cara comprimida (fig 33-b).

Esto aumenta la resistencia considerablemente, ya que es en las fibras de compresión donde se inicia la falla de las vigas de madera. A veces se refuerza también la cara de tensión (fig 38-a). El uso de placas o perfiles de acero fijadas a los costados de vigas de madera (figs 38-c, d y e), que fue común hace años, ahora es raro. Esta forma de combinar el acero con la madera no es eficiente porque la madera no se puede hacer trabajar al esfuerzo permisible aplicable al acero. Para consideraciones sobre este tipo de secciones, véase el inciso 21-3 de la ref 5 y la sección 4.15 de la ref 12.

Secciones compuestas de madera y concreto

Sistemas de piso de losa de concreto y madera laminada. Esta solución se puede utilizar en puentes y pisos de almacenes y muelles que deben soportar cargas pesadas. Consiste en una losa de concreto reforzado colocada sobre una placa de madera laminada formada por piezas pequeñas de madera unidas lateralmente por medio de clavos. En la fig 39 se muestra un ejemplo típico. La base de madera sirve como cimbra para la losa de concreto. Debe ser capaz de soportar su peso propio, el peso del concreto y la carga viva que pueda existir durante la construcción. Para soportar las cargas vivas de servicio se recurre a la acción compuesta de la madera y el concreto. Para lograr la acción compuesta es necesario recurrir a conectores de esfuerzo cortante, ya que la adherencia entre el concreto y la madera no es suficiente para resistir los esfuerzos rasantes que pueden presentarse. Los conectores pueden consistir en placas triangulares de acero como las mostradas en la fig 39(b), pijas o clavos grandes. Cuando existe continuidad en los apoyos la losa de concreto se refuerza con acero negativo. El diseño de estos sistemas de piso se trata con detalle en el inciso 9.4 de la ref 1. Véase también el inciso 158 de la ref 4 y el inciso 7.6 de la ref 12.

Vigas compuestas de concreto y madera

Se utilizan en puentes. Pueden alcanzar claros relativamente grandes. Consisten en vigas, preferiblemente de madera laminada, que soportan una losa de concreto. En la fig 39(a) se muestra una solución típica. Las vigas deben soportar, por sí solas, el peso propio, el peso del concreto y de la cimbra y las cargas vivas de construcción. Para la carga viva de los vehículos se considera que se cuenta con la acción compuesta de las vigas de madera y la losa de concreto. En algunos casos las vigas se apuntalan durante la construcción de manera que se puede contar con la acción compuesta para soportar la carga total. Para desarrollar la acción compuesta se ha recurrido a entalladuras de diversas formas en la parte superior de la viga de madera junto con clavos o pijas para evitar la separación de los dos materiales (fig 39-b).

El diseño de vigas compuestas de madera y concreto se describe ampliamente en el inciso 9-6 de la ref 1 y en el capítulo 7 de la ref 12.

8. MIEMBROS SOMETIDOS A COMBINACIONES DE MOMENTO Y CARGA AXIAL

Los miembros de madera sometidos a flexocompresión son muy frecuentes (columnas con cargas excéntricas o expuestas a cargas transversales). Su comportamiento se puede ilustrar por medio de diagramas de interacción adimensionales como el representado con la curva (a) de la fig 40, basado en ensayos efectuados sobre modelos de columnas de madera (inciso 29.4 de la ref 3). La forma curva del diagrama, que acusa el comportamiento inelástico de la madera, es semejante a la de los diagramas de interacción correspondientes a las columnas de concreto reforzado. En forma conservadora la interacción puede representarse por la recta (b) que une a $P/P_o = 1$ con $M/M_o = 1$, donde P_o es la capacidad para resistir carga axial, M_o es la capacidad para resistir momento y P y M son las acciones aplicadas a la columna. La ecuación de la recta es

$$\frac{P}{P_o} + \frac{M}{M_o} = 1 \quad (20)$$

Puede establecerse una expresión análoga, en términos de esfuerzos producidos por las acciones aplicadas y de los esfuerzos permisibles. La condición que deben cumplir los esfuerzos en una columna sometida a flexocompresión quedaría entonces expresada por

$$\frac{f_c}{f_{c_p}} + \frac{f_f}{f_{f_p}} \leq 1.0 \quad (21)$$

donde

$$f_c = \frac{P}{A} = \text{esfuerzo axial de compresión}$$

$$f_{c_p} = \text{esfuerzo axial de compresión permisible}$$

$$f_f = \frac{M}{S} = \text{esfuerzo de flexión}$$

$$f_{f_p} = \text{esfuerzo de flexión permisible}$$

Este método de tratar el problema de la combinación de esfuerzos consiste en suponer que una parte de la capacidad de la columna es absorbida por la carga axial y el resto por la flexión. El procedimiento no tiene en cuenta el efecto de esbeltez. Sin embargo, es útil para cálculos preliminares.

La expresión (21) es aplicable a miembros sometidos a flexotensión si en lugar de f_c y f_{cp} se sustituyen los valores de f_t y f_{tp} , que, respectivamente, son el esfuerzo de tensión producido por la carga axial de tensión y el esfuerzo de tensión permisible. En este caso el problema de los efectos de esbeltez no existe y la expresión (21) da resultados bastante precisos. (La combinación de momento y tensión se presenta en miembros tales como las cuerdas inferiores de las armaduras, que deben soportar cargas transversales además de las cargas axiales de tensión propias de este tipo de estructura.)

Se han propuesto diversos métodos para el dimensionamiento de miembros sometidos a flexocompresión, más precisos que el descrito y que intentan tener en cuenta los efectos de esbeltez. El que se describe a continuación, que es uno de los que más aceptación ha tenido recientemente, es el propuesto en la ref 20. Los fundamentos y la aplicación del método se tratan con detalle en el capítulo 8 de la ref 1.

El método sugerido en la ref 20 es aplicable a miembros rectangulares sometidos simultáneamente a carga axial de compresión excéntrica y a momento debido a cargas transversales. El método queda resumido en la siguiente expresión básica:

$$\frac{\frac{P}{A}}{c} + \frac{\frac{M}{S} + \frac{P}{A} \frac{be}{d} \beta}{f_{fp} - \gamma \frac{P}{A}} \leq \alpha \quad (22)$$

En esta expresión

P = carga axial

A = área de la sección

d = dimensión del lado mayor de la columna

e = excentricidad de la carga axial

M = momento debido a las cargas transversales

S = módulo de sección del miembro

f_{ip} = esfuerzo permisible en flexión

C_d = factor de tamaño (ver sección 7.1)

c = esfuerzo permisible en compresión paralela a las fibras, corregido por esbeltez

α = factor de duración de la carga (0.9 para cargas permanentes, 1.0 para cargas de duración normal, 1.15 para nieve, 1.33 para viento o sismo, 2 para impacto).

β, γ = coeficientes de amplificación

El valor de c , está dado por $0.3 E / (l/b)^2$

donde

E = módulo de elasticidad en dirección paralela a la fibra

l = longitud libre de la columna

b = dimensión del lado menor de la columna.

Este valor no debe ser superior a f_{cp} , el esfuerzo permisible a compresión en dirección paralela a las fibras, en miembros cortos.

Los coeficientes de amplificación β y γ dependen de la relación l/b , que no debe exceder de 50. Se consideran como columnas cortas aquellas en que $l/b \leq 0.3E/f_{cp}$. En este caso se toma $\beta = 1$ y $\gamma = 0$. Para columnas largas $\beta = 1.25$ y $\gamma = 1$.

La ecuación se basa en las consideraciones que se resumen a continuación.

Se parte de las hipótesis siguientes:

1a. La madera se comporta como un material elástico, isotrópico y homogéneo bajo las cargas de servicio.

2a. El diagrama de interacción de cargas axiales y momentos a nivel de condiciones de servicio es lineal.

- 3a. La columna es de sección rectangular y está articulada en ambos extremos.
- 4a. Ambos extremos de la columna están restringidos contra los desplazamientos laterales y la columna está deformada en curva simple.
- 5a. La columna está sometida a carga axial excéntrica y a carga transversal simétrica respecto al claro.

En la sección crítica el momento es igual a M , el momento debido a la carga transversal, más P_e , que es el momento producido por la carga excéntrica, multiplicado por un factor de magnificación β [7.1]. El valor de β que se propone para uso en la ecuación (22) cuando la columna es larga es 1.25. Evidentemente para columnas cortas, en donde la deformación transversal puede considerarse despreciable, el valor de β será 1. El esfuerzo máximo de flexión está dado por $M/S + (P/A)/(6e/d)$. El esfuerzo directo de compresión está dado por P/A .

Suponiendo un diagrama de interacción lineal resulta

$$\frac{P/A}{c} + \frac{M/S + \beta \frac{P}{A} \frac{6e}{d}}{f_{fp}} \quad (23)$$

El valor de c depende de la relación de esbeltez de la columna, l/b ; si el miembro está arriostrado en la dirección del lado mínimo, se toma como relación de esbeltez, el valor l/d . El criterio en que se funda el cálculo de c se expuso en la sección 6.2.

Para tener en cuenta la influencia del tamaño en la resistencia a flexión, el esfuerzo permisible f_{fp} debe multiplicarse por el coeficiente C_d , cuya determinación se explicó en la sección 7.1. Con un criterio conservador, se considera que en el dimensionamiento de columnas largas debe tomarse la diferencia entre $C_d f_{fp}$ y P/A , como esfuerzo neto permisible en flexión. Cuando la columna es corta, es decir, cuando $l/b < 0.3E/f_{cp}$, está claro que no habrá efecto de esbeltez significativo, por lo que no es necesario restar el término correctivo P/A . Para que la expresión sea aplicable tanto a columnas cortas, como a columnas largas, el esfuerzo neto permisible en flexión puede hacerse igual a $C_d f_{fp} - \gamma P/A$ en donde $\gamma = 1$ para columnas largas y $\gamma = 0$ para columnas cortas. Sustituyendo este valor por f_{fp} en la expresión 23 se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{P/A}{c} + \frac{M/S + \beta \frac{P}{A} \frac{b_e}{d}}{C_d F_{fp} - \gamma \frac{P}{A}} \leq 1 \quad (24)$$

En otra parte del curso se vió que la resistencia de la madera disminuye con la duración de la carga. La influencia de la duración de la carga se mostró en la fig 2. Se puede tener en cuenta multiplicando los esfuerzos permisibles que figuran en la expresión 24 y que corresponden a duración normal de carga por el factor de duración de carga, α , que fue definido anteriormente. La expresión 24 se convertirá, entonces, en

$$\frac{P/A}{\alpha c} + \frac{M/S + \beta \frac{P}{A} \frac{b_e}{d}}{\alpha (C_d F_{fp} - \gamma \frac{P}{A})} \leq 1 \quad (25)$$

Multiplicando ambos lados de la desigualdad (25) por α se obtiene la expresión general (22) que se presentó inicialmente.

Como se vió, la expresión (22) es aplicable, en rigor, al caso de miembros cuyos extremos están articulados y restringidos contra los desplazamientos laterales. De una manera aproximada para calcular el valor de c , pueden tenerse en cuenta condiciones distintas, utilizando las longitudes efectivas estimadas como se indicó en la sección 6.2. En el caso particular de columnas muy esbeltas en estructuras no restringidas contra los desplazamientos laterales es recomendable hacer un análisis más preciso que tenga en cuenta de una manera más rigurosa el efecto de las deformaciones secundarias.

Se indicó en la sección 6.1, que en la actualidad se tiende a considerar siempre una excentricidad mínima en el dimensionamiento de columnas. Los valores de la excentricidad mínima que suelen dar los reglamentos son del orden de $0.1b$ ó $0.1d$, según sea el sentido crítico de la columna, pero siempre por lo menos igual a 2.5 cm.

El dimensionamiento de columnas, de acuerdo con la expresión 22, suele requerir un proceso de tanteos en el que se suponen y revisan secciones sucesivas hasta encontrar una que cumpla con las condiciones implícitas en la expresión citada.

Las consideraciones anteriores se refieren a columnas rectangulares enterizas. Para columnas compuestas y columnas formadas por piezas especiales deben tenerse en cuenta las modificaciones y ajustes particulares que recomiendan los reglamentos.

En el inciso 8.1 de la ref 1 se describe un método de analizar miembros sometidos a flexocompresión más riguroso que el que se acaba de presentar.

9. CONEXIONES

En la sección 4 se describieron los conectores o elementos de unión utilizados para unir miembros de madera. Algunos de estos elementos se utilizan en combinación con placas o accesorios de acero diversos para formar conexiones entre miembros de madera y entre éstos y miembros estructurales de otros materiales, como sucede cuando una estructura de madera se apoya sobre un cimiento de concreto. En las figs 41 a 47 se ilustran algunos ejemplos típicos. En la sección 6 de la ref 9, en la parte 3 de la ref 10 y en el capítulo 4 de la ref 12 se muestran diversos ejemplos. En general las soluciones son esquemáticas y el proyectista debe dimensionar los diversos elementos que componen las conexiones de acuerdo con las fuerzas que deben transmitir. Para algunas conexiones estandar, la ref 10 da ca-pacidades de carga y la información requerida para la fabricación.

Se recomienda una holgura de unos 3 mm entre los miembros de madadera y las placas de acero que no sean de carga. Los cordones de soldadura deben quedar donde no interfieran con el montaje de la co-nexión. Debe preverse alguna forma de proteger los detalles de acero para evitar manchas por oxidación.

REFERENCIAS

1. G. Gurfinkel, "Wood Engineering", Southern Forest Products Association, New Orleans, 1973.
2. L. G. Booth and P. O. Reece, "The Structural Use of Timber", Spön Ltd, London, 1967.
3. R. N. Whitely y otros, "Structural Engineering, Vol. 3, Behavior of Members and Systems", Wiley, Nueva York, 1974.
4. H. J. Hansen, "Diseño Moderno de estructuras de madera", CECSA, México, 1961.
5. H. Parker, "Diseño simplificado de estructuras de madera", Limusa-Wiley, México, 1972.
6. M. K. Hurd, "Formwork for concrete, " 3rd edition, Special Publication No. 4, American Concrete Institute, Detroit, 1973.
7. "Especificaciones para estructuras de madera", Sécretaría de Obras Públicas, México, 1968.
8. "Reglamento de construcciones para el Distrito Federal", Diario Oficial, México 9 Feb. 1966.
9. American Institute of Timber Construction, "Timber Construction Manual", 1st Edition, Wiley, Nueva York, 1966.
10. Canadian Institute of Timber Construction, "Timber Construction Manual", Ottawa, 1963.
11. Instituto de Ingeniería (UNAM), "Proyecto de Reglamento de Construcciones para el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal", versión preliminar inédita.
12. Timber Engineering Company, "Timber Design and Construction Handbook", F. W. Dodge Corporation, N. Y. 1961.
13. A. D. Freas y M. L. Selbo, "Fabrication and Design of Glued-Laminated Wood Structural Members", U. S. Forest Products Laboratory Technical Bulletin No. 1069, Feb 1954.

14. ASTM, "1971 Annual Book of Standards", Part 16, Structural Sandwich Constructions, Wood; Adhesives.
15. H. J. Andrews, "An Introduction to Timber Engineering, Pergamon Press, Oxford, 1967.
16. L. Domínguez Martínez, "Maderas para fines estructurales" tesis profesional, Facultad de Ingeniería (UNAM), México, 1972.
17. "Plywood Design Specification", American Plywood Association, Tacoma, Wash., 1966.
18. "Design and Fabrication of Plywood Beams", American Plywood Association, Tacoma, Wash.
19. R. J. Hoyle Jr., "Wood Technology in the Design of Structures" 3a. edición, Mountain Press Publishing Co., Missoula, Montana, 1973.
20. "National Design Specification for Stress-Grade Lumber and Its Fastenings", National Forest Products Association, Washington, D. C., 1971.
21. "The Column Research Council Guide to Design Criteria for Metal Compression Members, 2a. edición, Wiley, Nueva York, 1966.

Nº
pieces

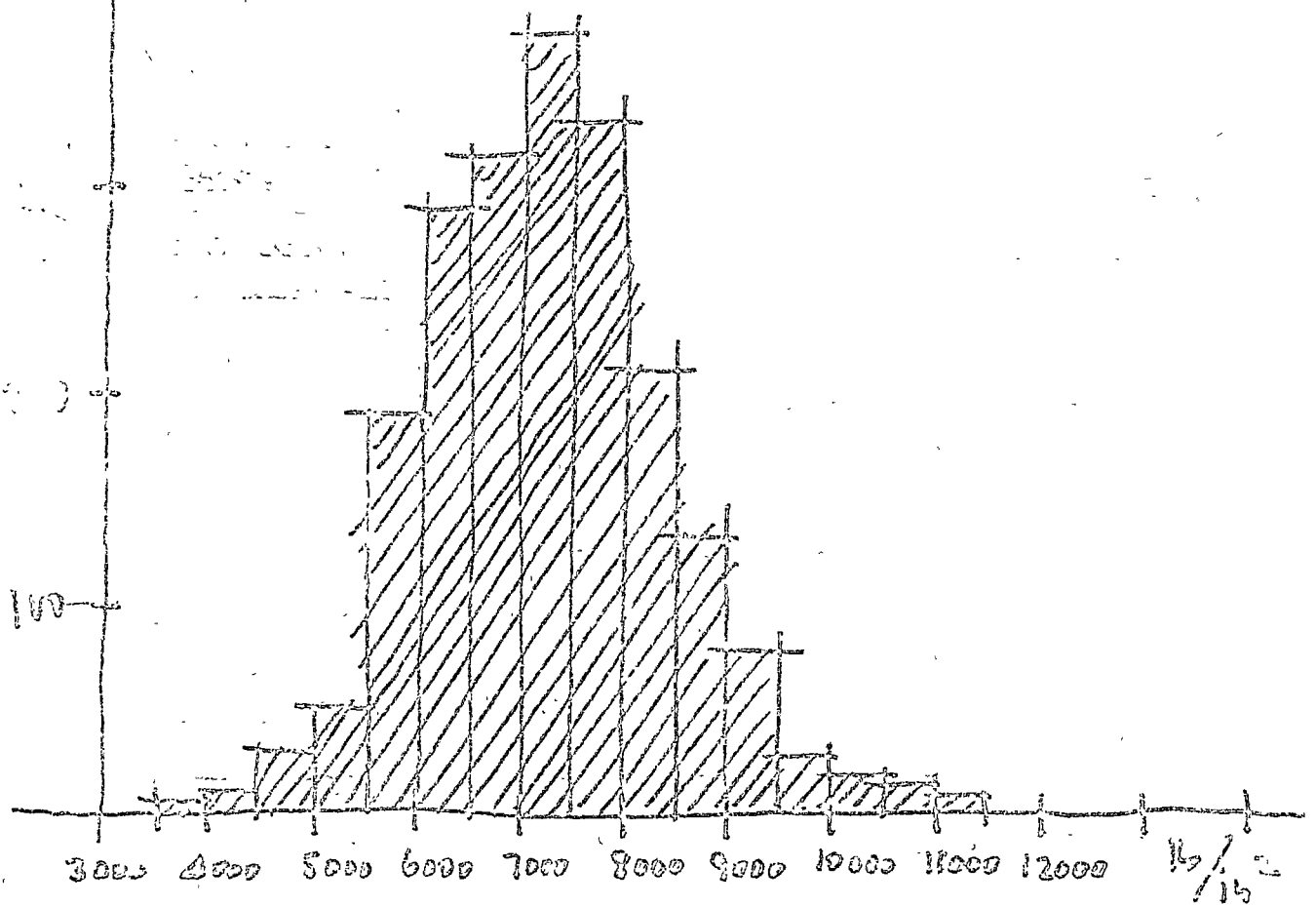
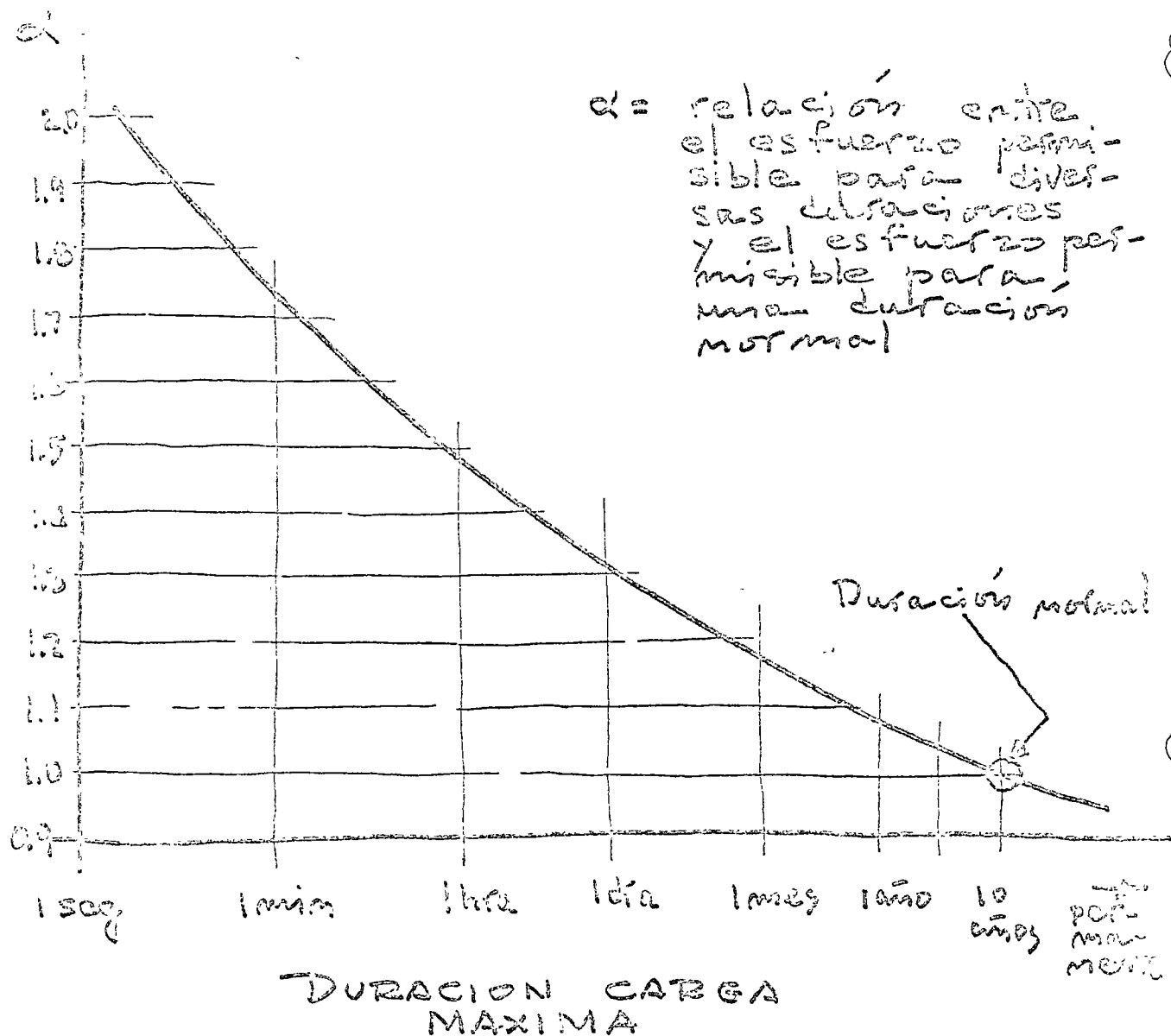


Fig ①

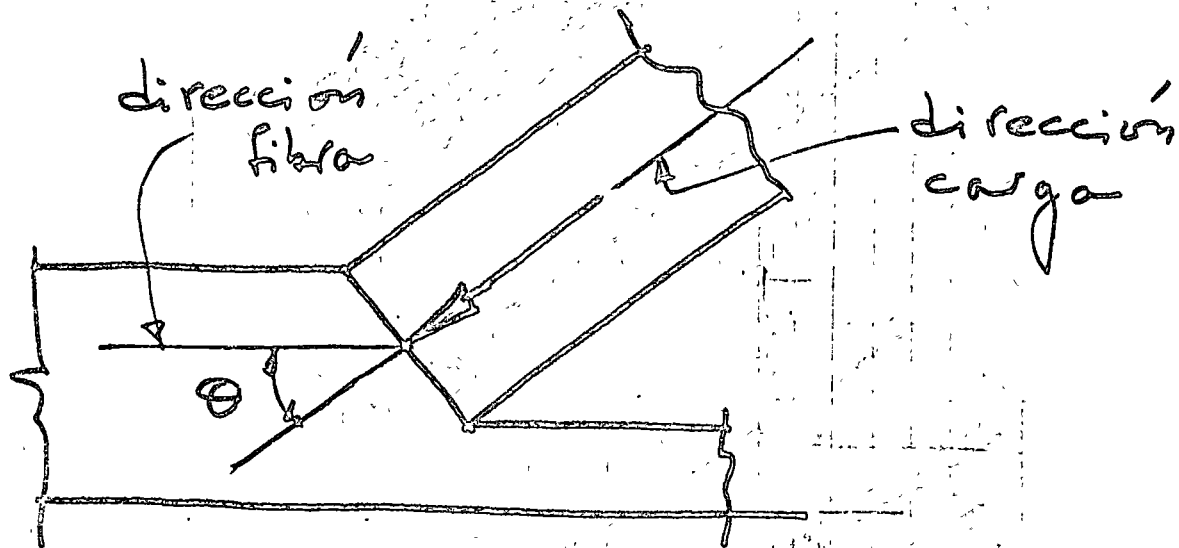
DISTRIBUCION DE
FRECUENCIA DE
MODULOS DE ROTURA
(GREEN DOUGLAS FIR)

(Fig 19.18 de la ref 3)



F.C. (2) FACTORES PARA
AJUSTES DE ESFUERZOS
PERMISIBLES SEGUN
DURACION CARGA MAXIMA

$$f_{exp} = \frac{f_{cp}}{1 + \left(\frac{f_{cp}}{f_{emp}} - 1 \right) \sin^2 \theta}$$



θ = ángulo entre dirección carga y dirección fibra

Fig ③ SITUACION EN
~~EN~~ QUE ES APLICABLE
 LA FORMULA DE
 HANKINSON

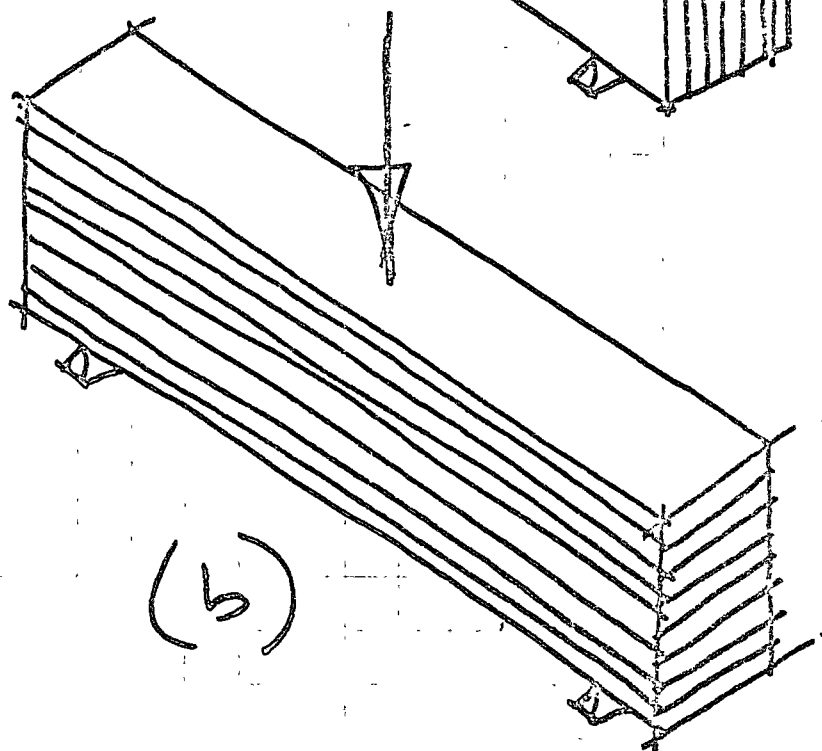
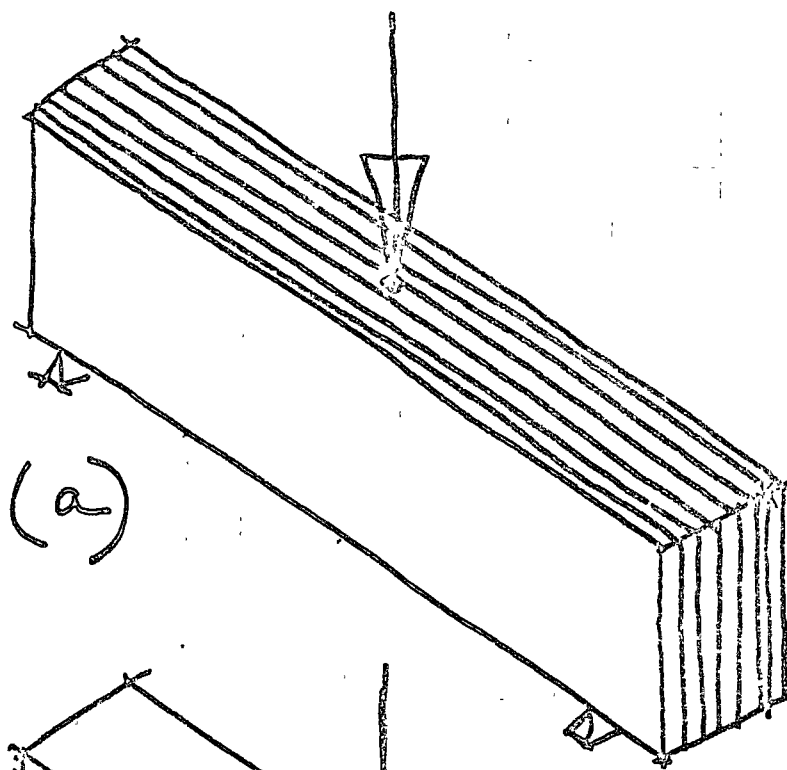


FIG (4) VIGAS DE MADERA LAMINADA

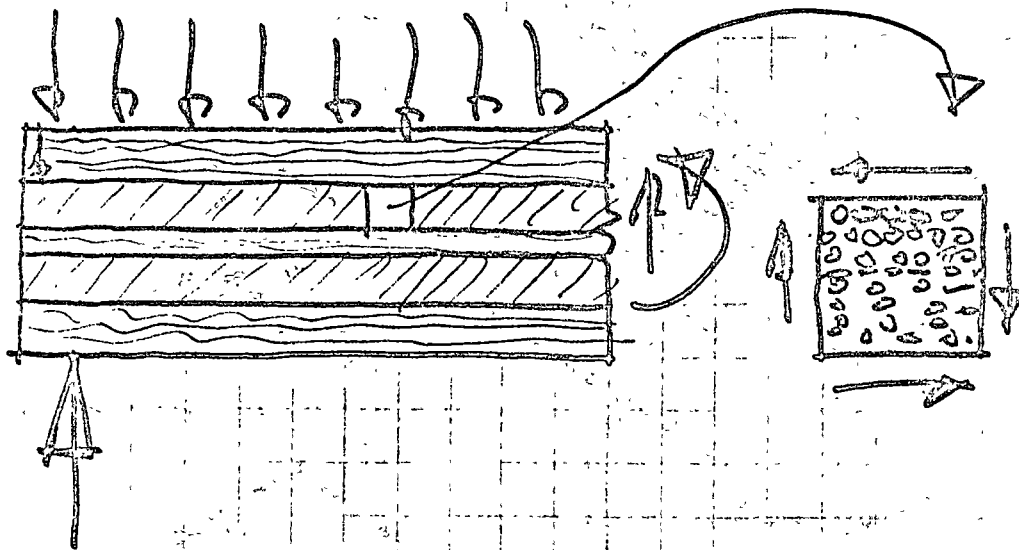


FIG (5) ESFUERZO
CORTANTE "RODANTE"
EN TRIPLAY

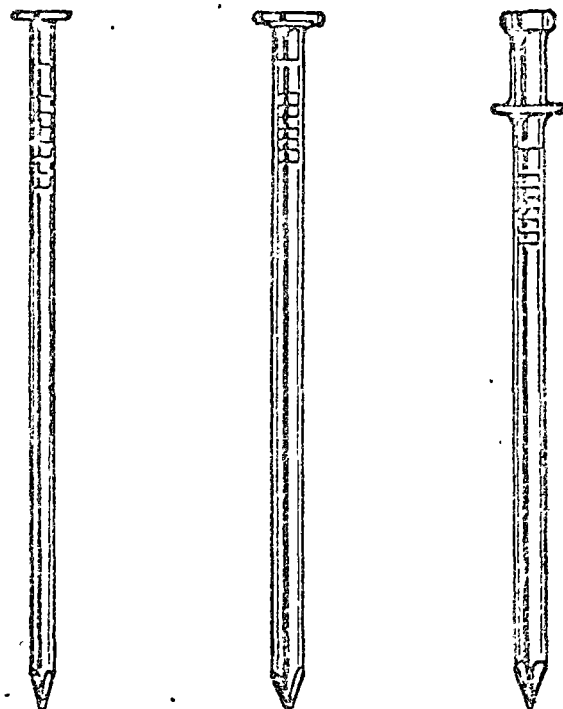


Fig ⑥ CLAVOS
TÍPICOS

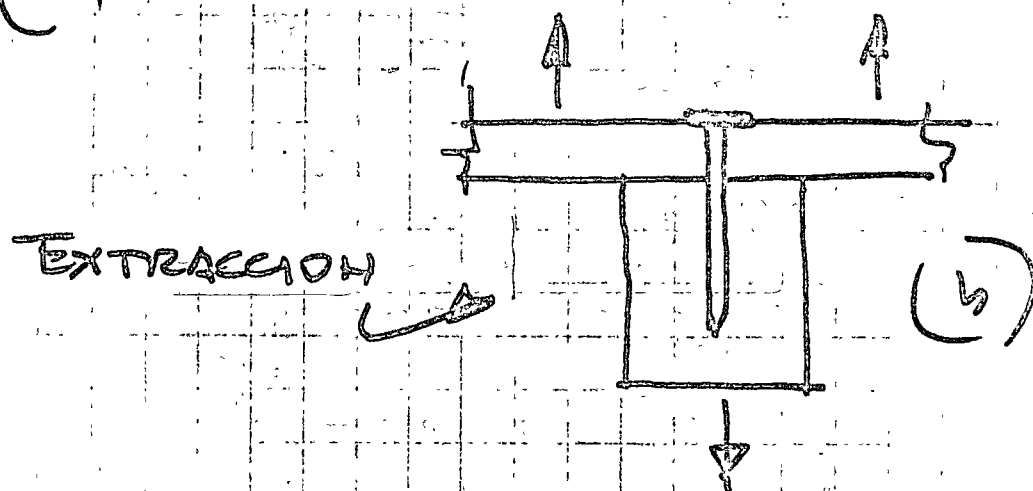
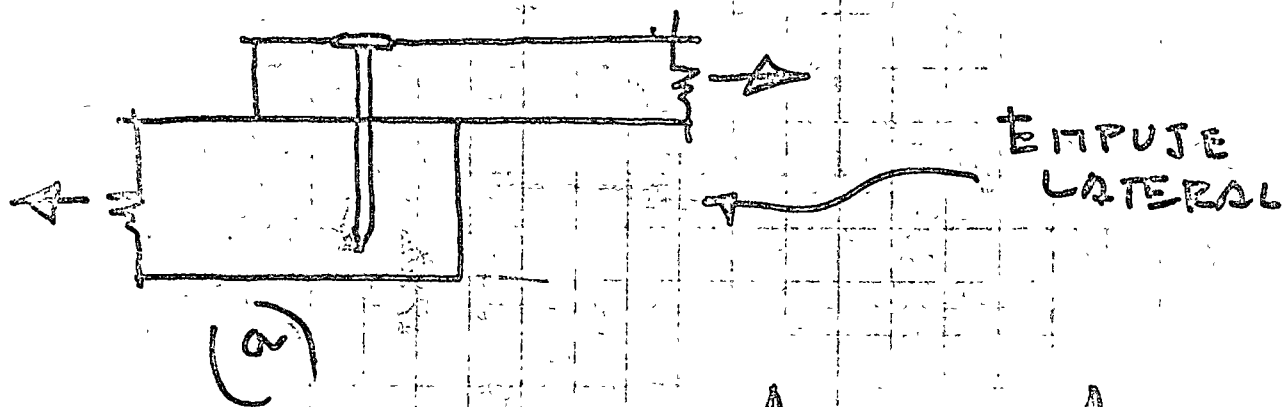


FIG 7 FORMAS EN QUE TRABAJAN LOS CLAVOS

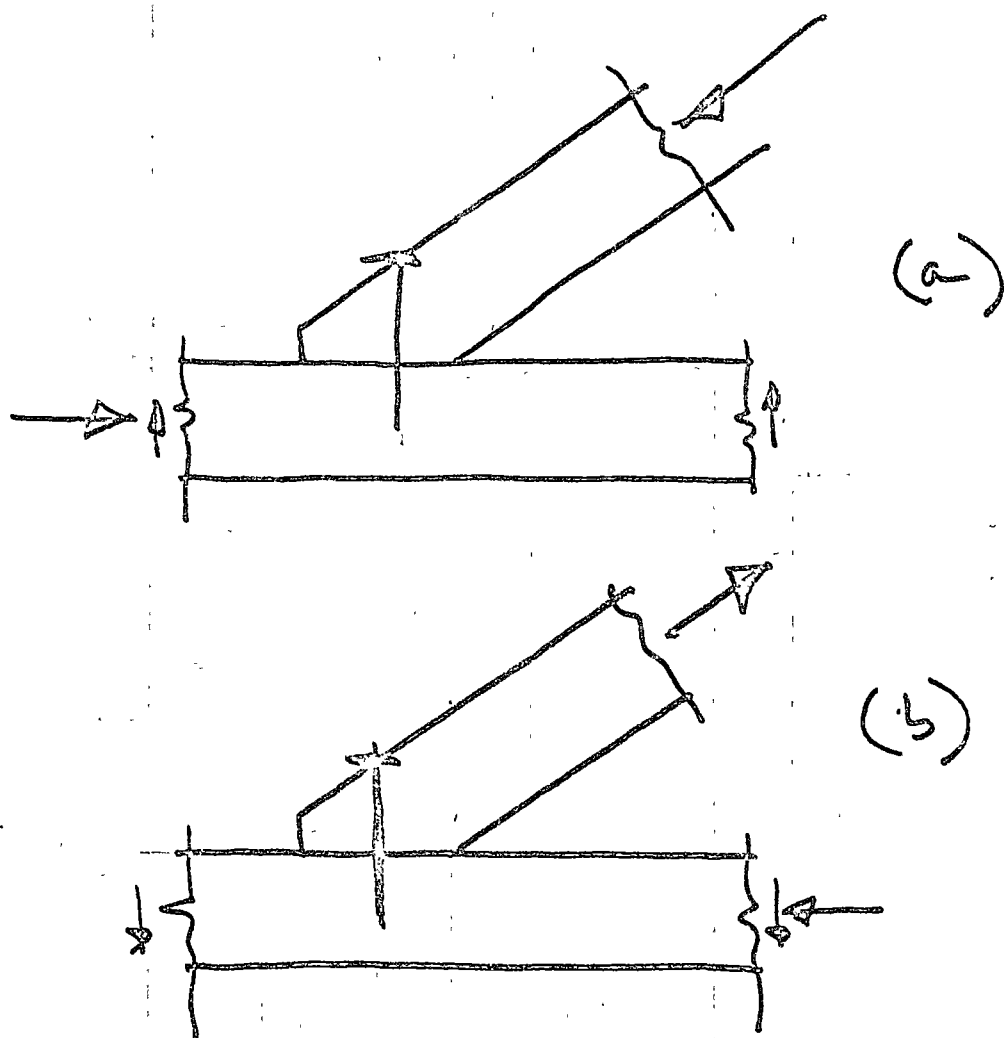
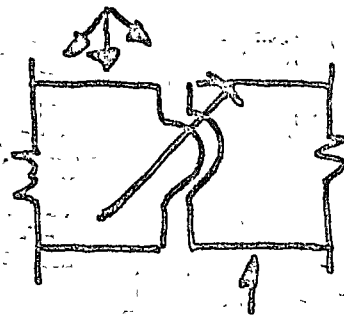


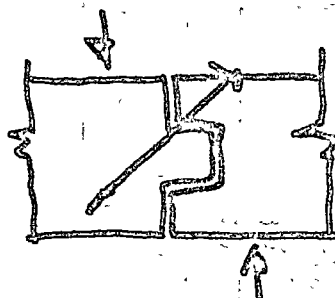
FIG (8) UNIONES EN
ANGULO, CON CLAVO

(a)



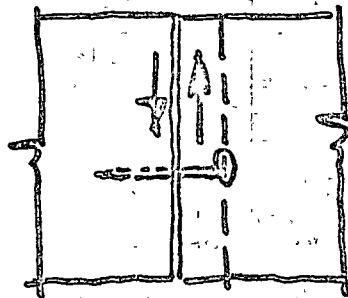
JUNTA
CON HOLGURA
(CLAVO
TRABAJA)

(b)



JUNTA SIN
HOLGURA
(CLAVO NO
TRABAJA)

(c)



TRANSMISION
FUERZA
CORRIENTE
EN PLANO
DUELAS

FIG (9) UNION DE DUELAS
CON CLAVOS
INCLINADOS

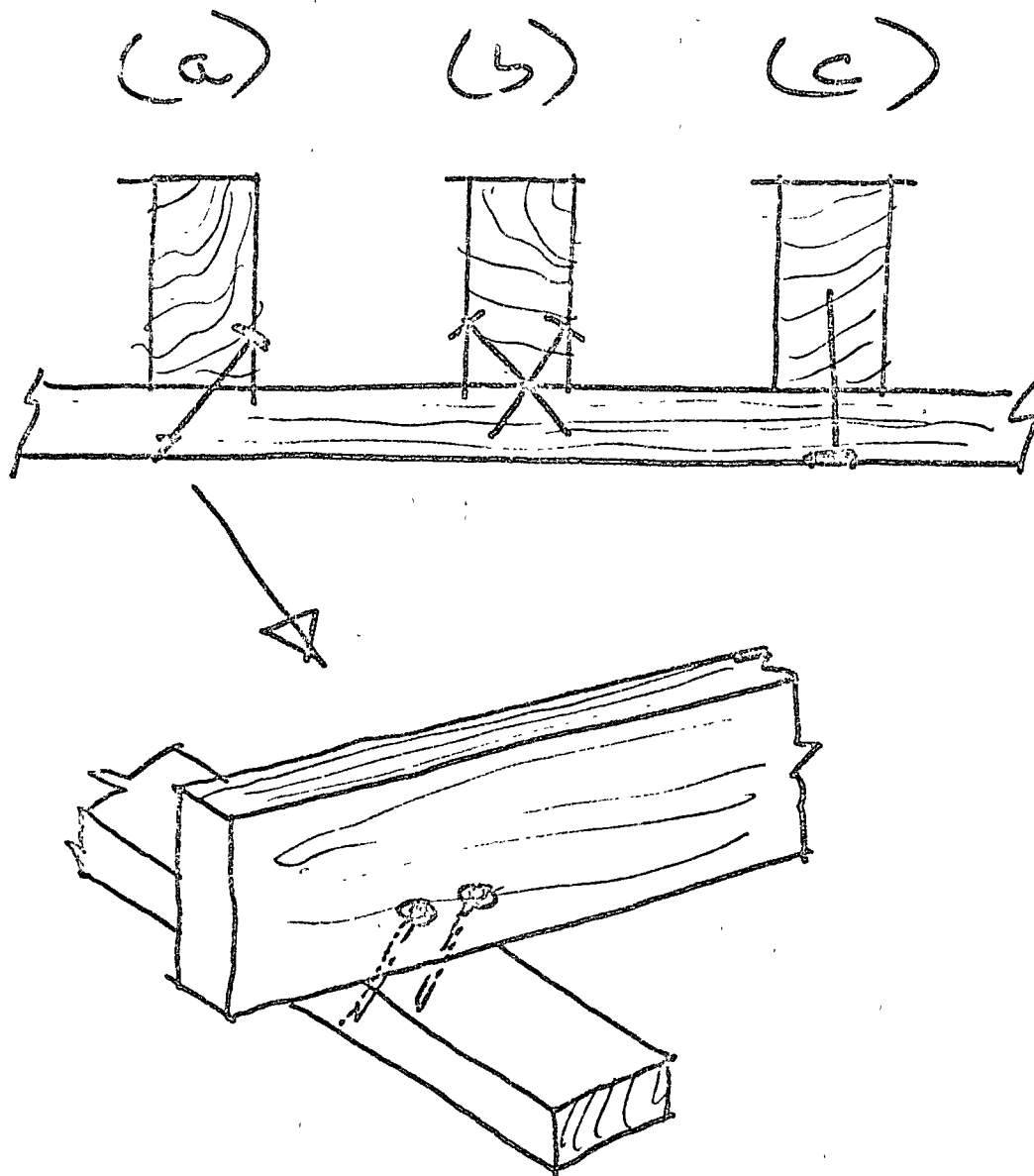


Fig (10)

UNIONES CON
CLAVOS INCLINADOS
(SLANT-NAILED
CONNECTIONS)

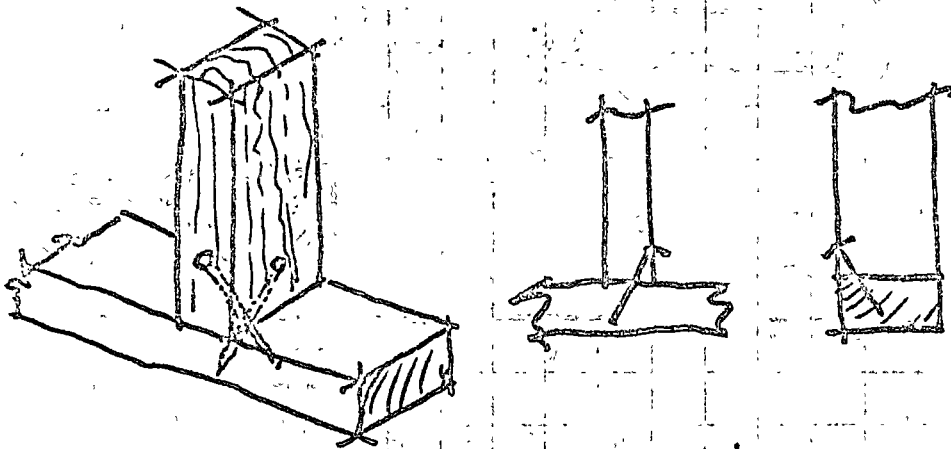
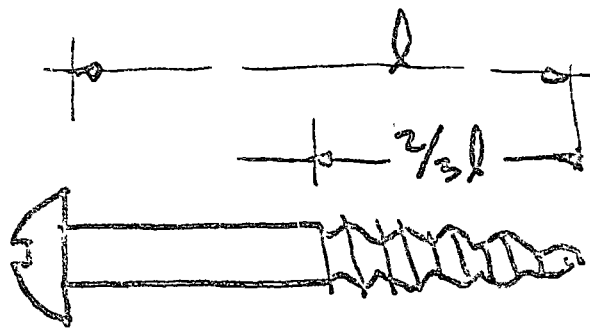
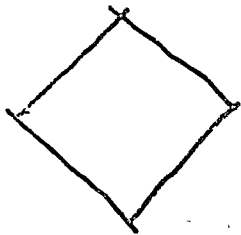


FIG (II) UNION CON CLAVOS
INCLINADOS
("TOE-NAILED
CONNECTION")



TORNILLO



PIJA

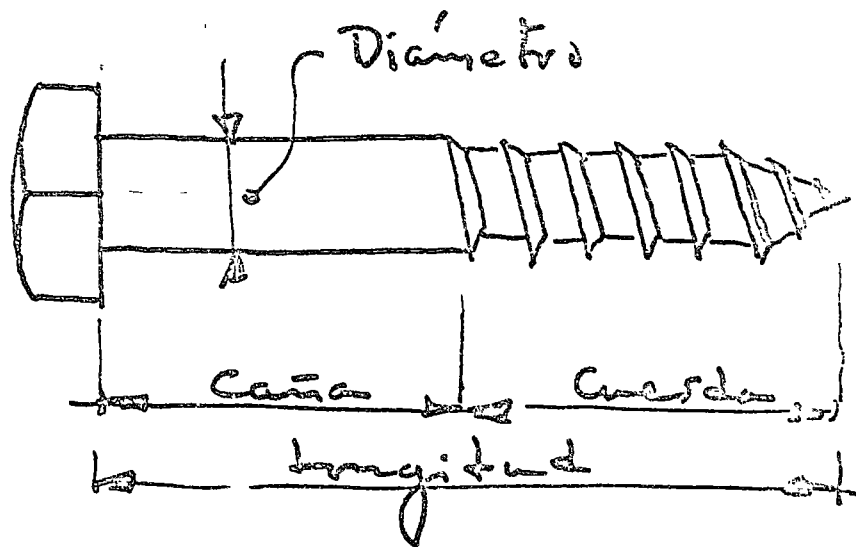


FIG (12) TORNILLO Y
PIJA

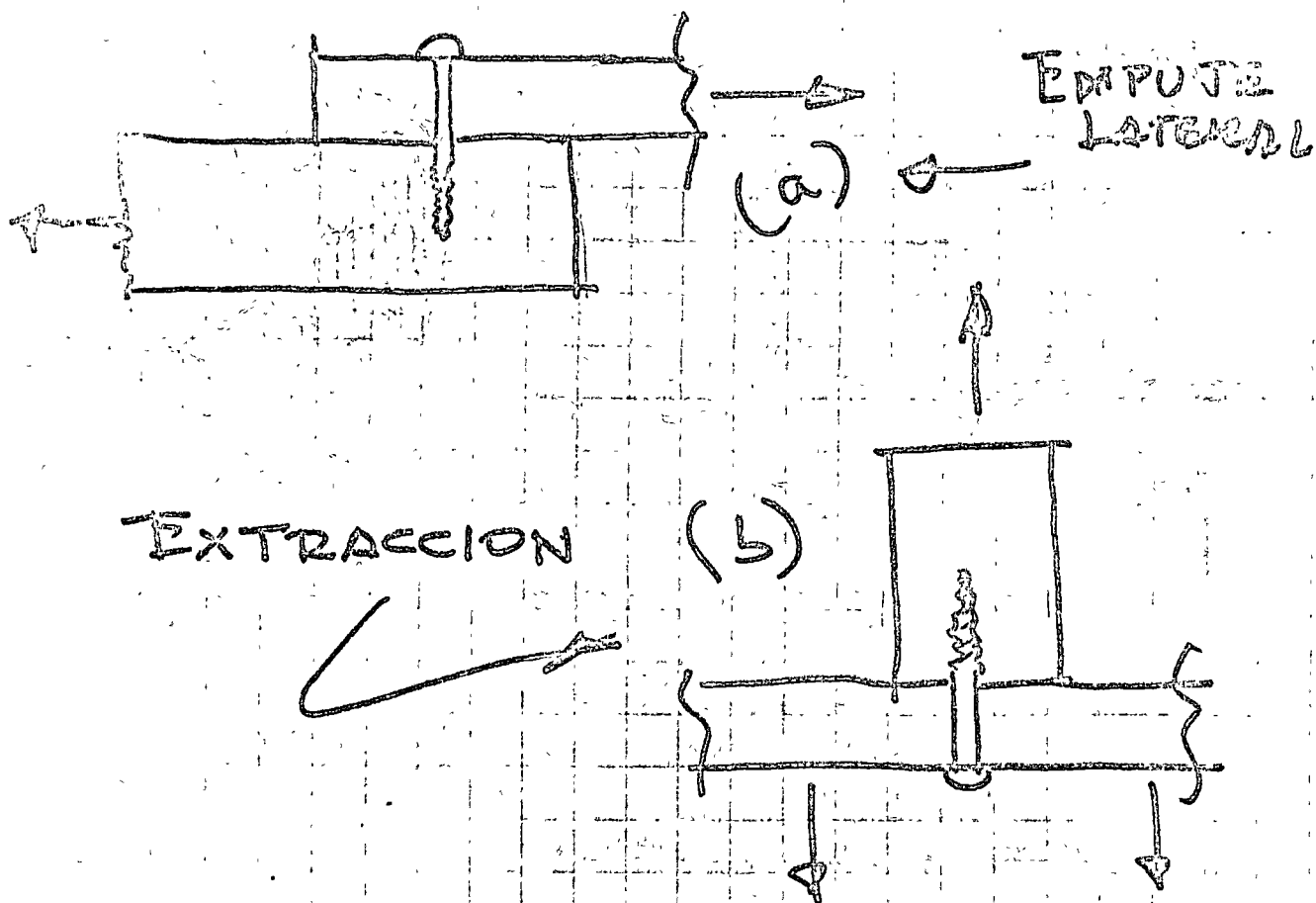
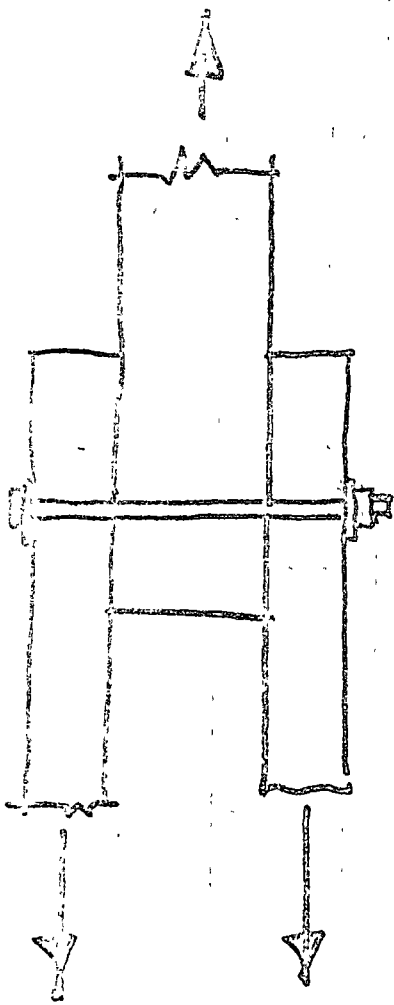
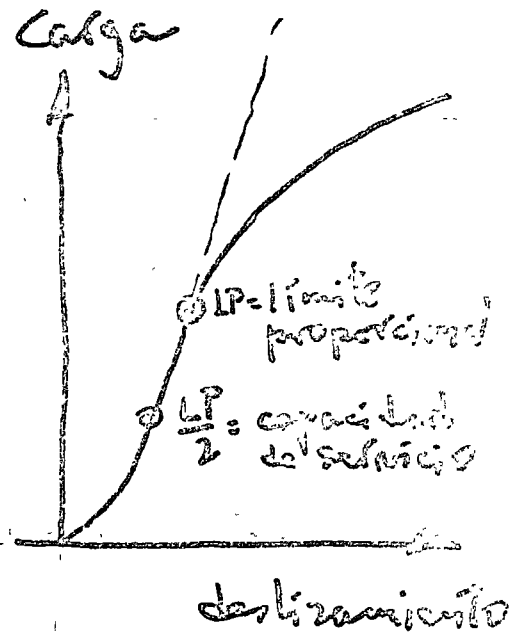
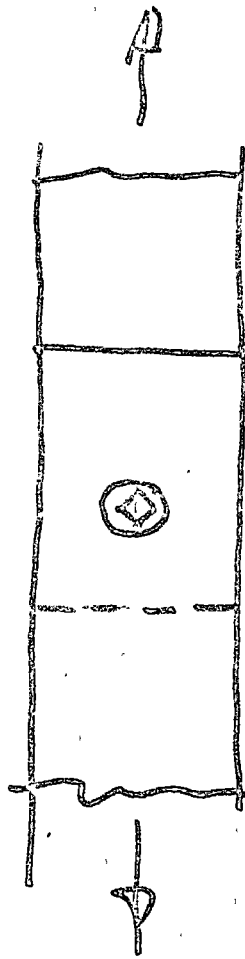


FIG (13)

FORMAS EN
QUE TRABAJAN
LOS TORNILLOS
Y LAS TRIJAS



(a)



(b)

FIG (14)

UNION CON PERNOS
DE PIEZAS CON
LOS EJES LONGI-
TUDINALES PARA-
LELOS

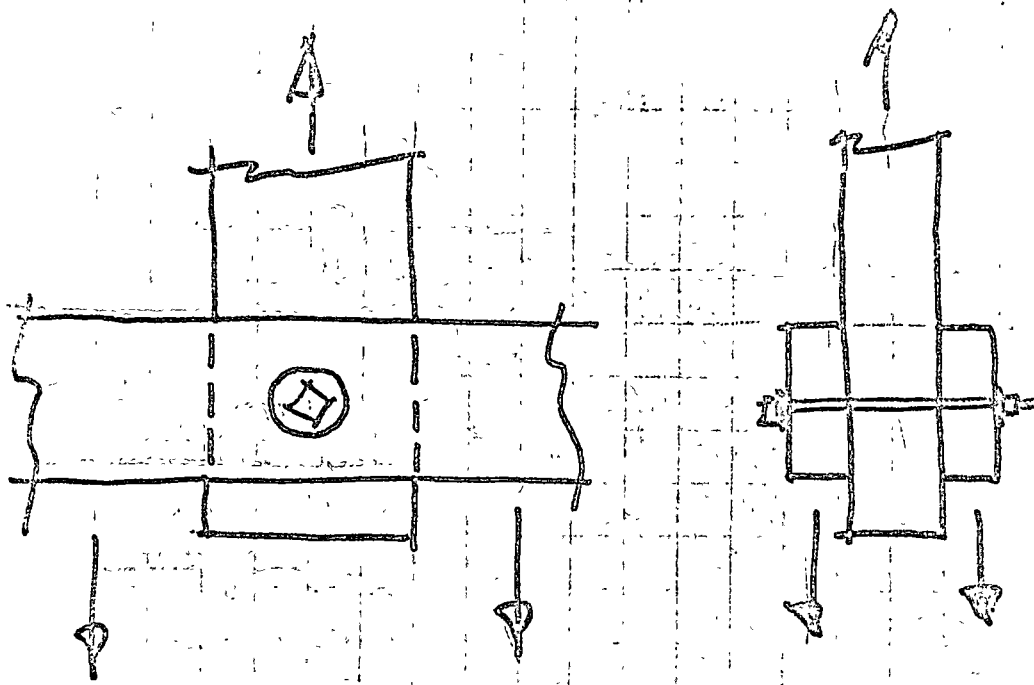
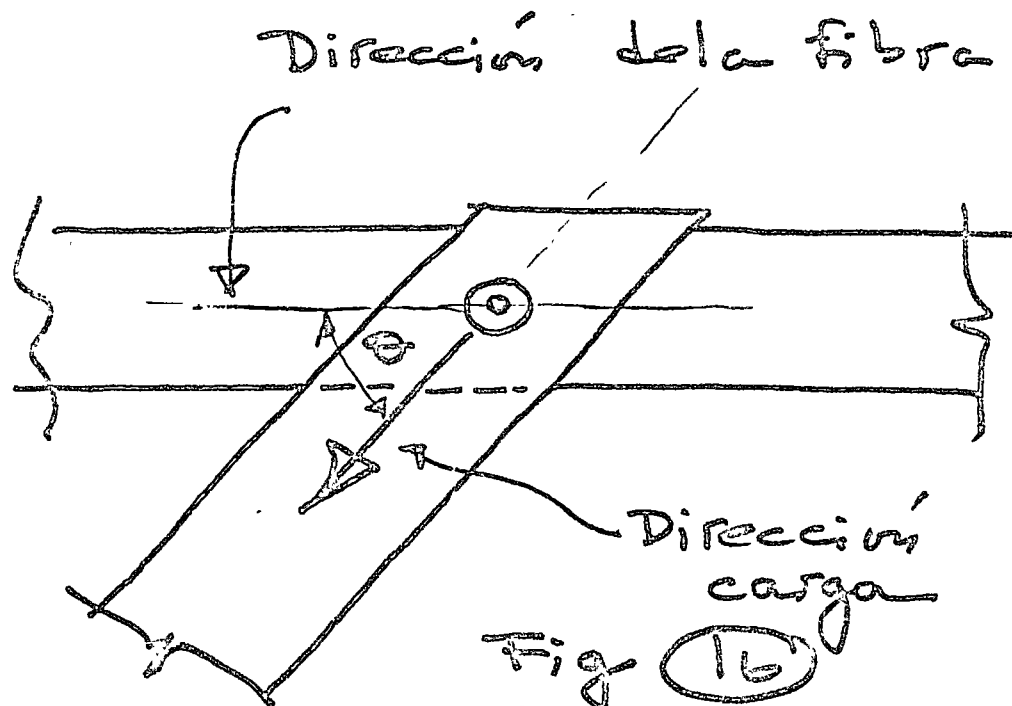


Fig (15)

UNION CON PERNO
DE PIEZAS CON LOS
EJES LONGITUDINA-
LES PERPENDICULA-
RES ENTRE SI



FÓRMULA DE
HANKINSON APLICADA
A UNIONES CON TORNOS

$$P_{\theta} = \frac{P_p}{1 + \left[\frac{P_p}{P_n} - 1 \right] \sin^2 \theta}$$

P_{θ} = capacidad para θ

P_p = capacidad para piezas con
ejes colineales

P_n = capacidad para piezas
con ejes normales

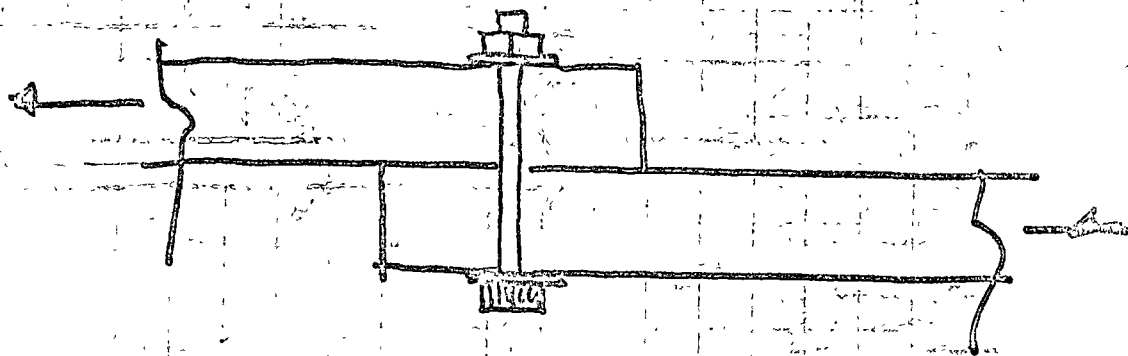


Fig (17)

DOS MIEMBROS
UNIDOS CON UN
PERNO

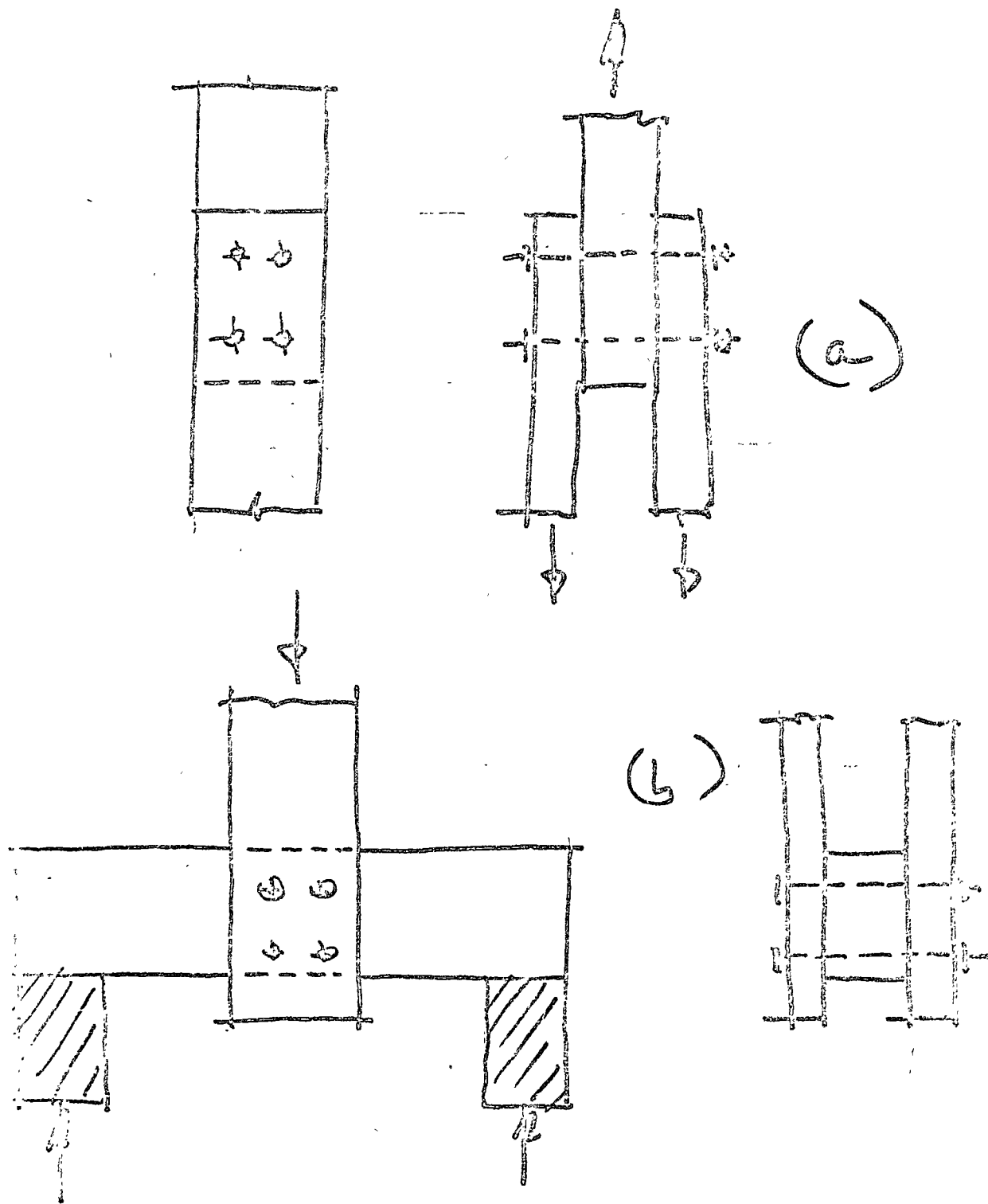
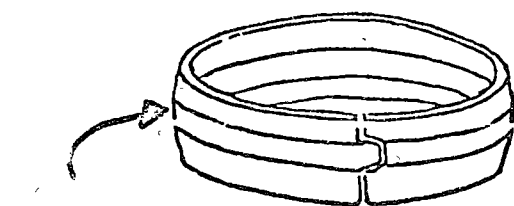
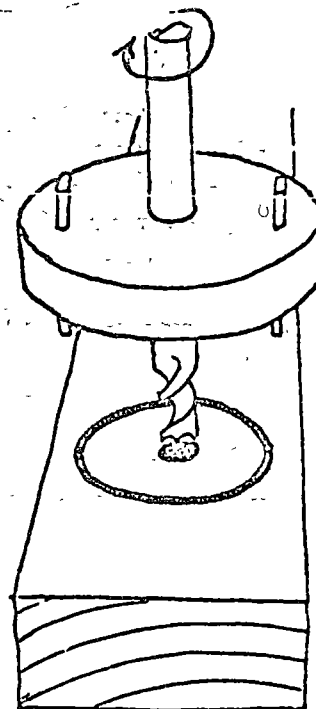
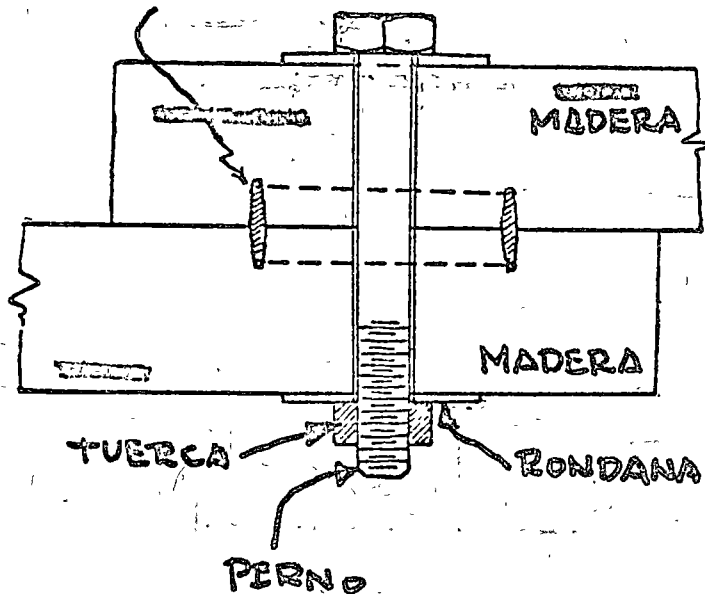


Fig. (18)

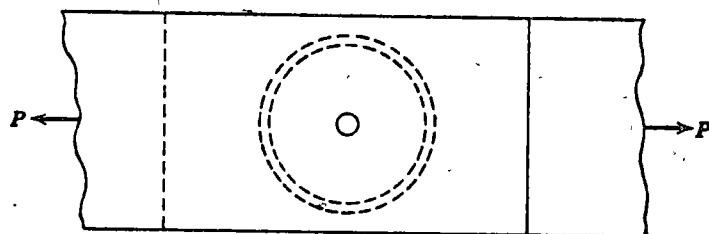
CONEXIONES
CON CUATRO
MIEMBROS



ANILLO PARTIDO



HERRAMIENTA PARA FORMAR RANURA



PRINCIPIO DEL ANILLO PARTIDO

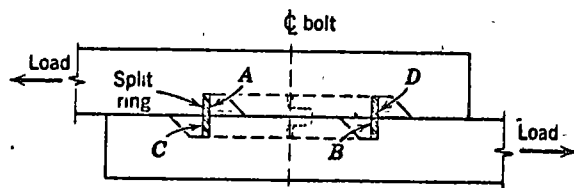


Fig 19 CONECTOR DE ANILLO PARTIDO

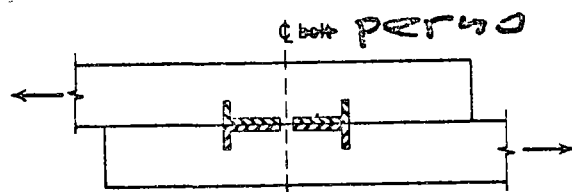
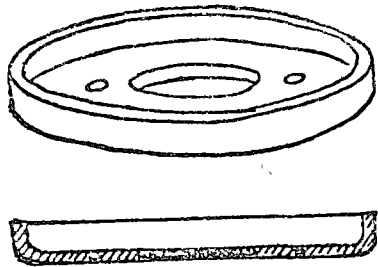
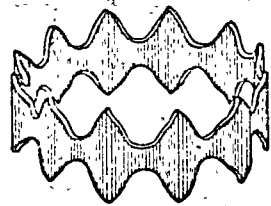
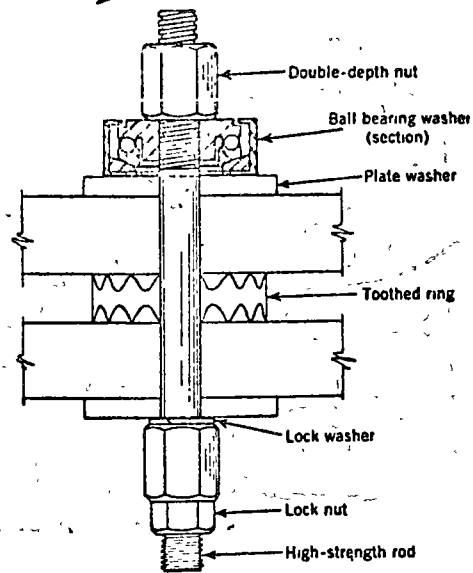


Fig (20)

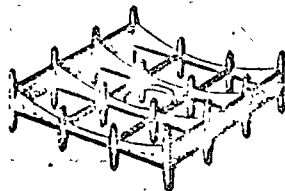
CONECTOR DE
PLACA PARA
ESFUERZO
CORTANTE



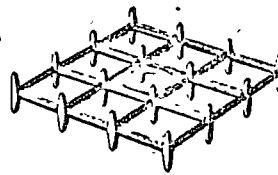
Toothed ring



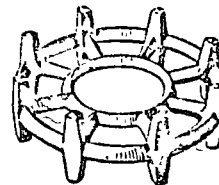
Toothed-ring installation



Single curve



Flat



Circular

Spike grids

Fig (21) CONNECTORES
DIVERSOS

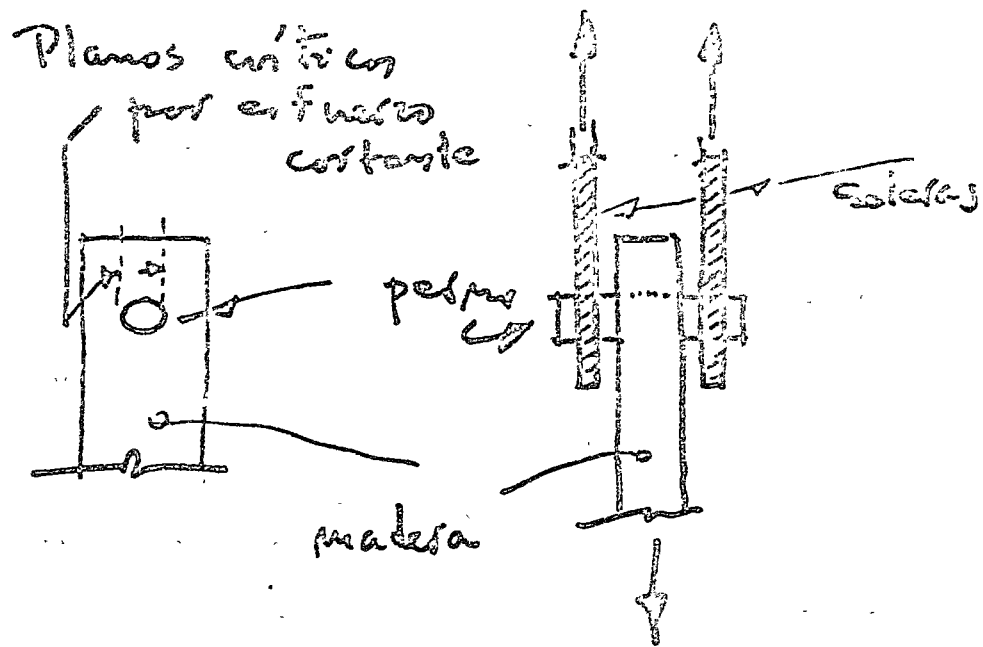
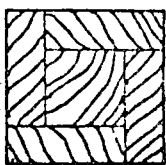
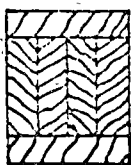
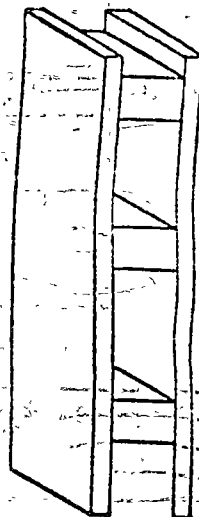


Fig (22)

CONEXION EN
MIEMBRO DE
MADERA SOMETIDO
A TENSION



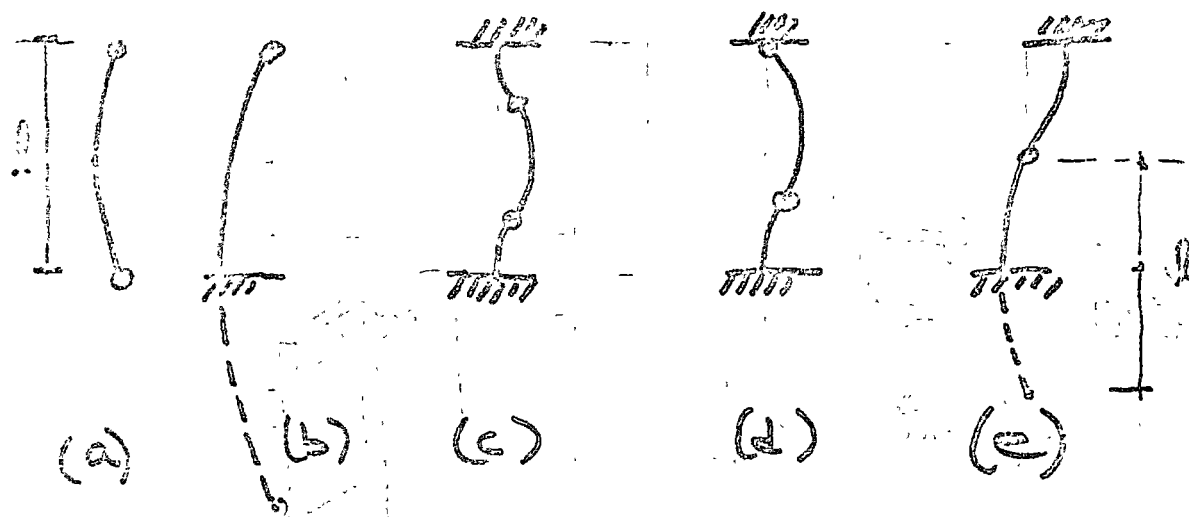
(a) Enterizas



(b) De seccin compuesta

(c) De piezas apañadas

Fig (23) TIPOS DE MIEMBROS DE MADERA SUJETOS A COMPRESION



Condición de restricción	Valor teórico de k	Valor de k para dimensionamiento
(a) Articulada en ambos extremos y restringida al desplazamiento	1	1
(b) En voladizo	2	2
(c) Empotrada y restringida contra el desplazamiento en ambos extremos	0.5	0.65
(d) Empotrada y articulada, sin desplazamiento	0.707	0.8
(e) Empotrada en ambos extremos, con desplazamiento.	1	1.2

Fig (24) LONGITUDES EFECTIVAS PARA ALGUNAS SITUACIONES TÍPICAS

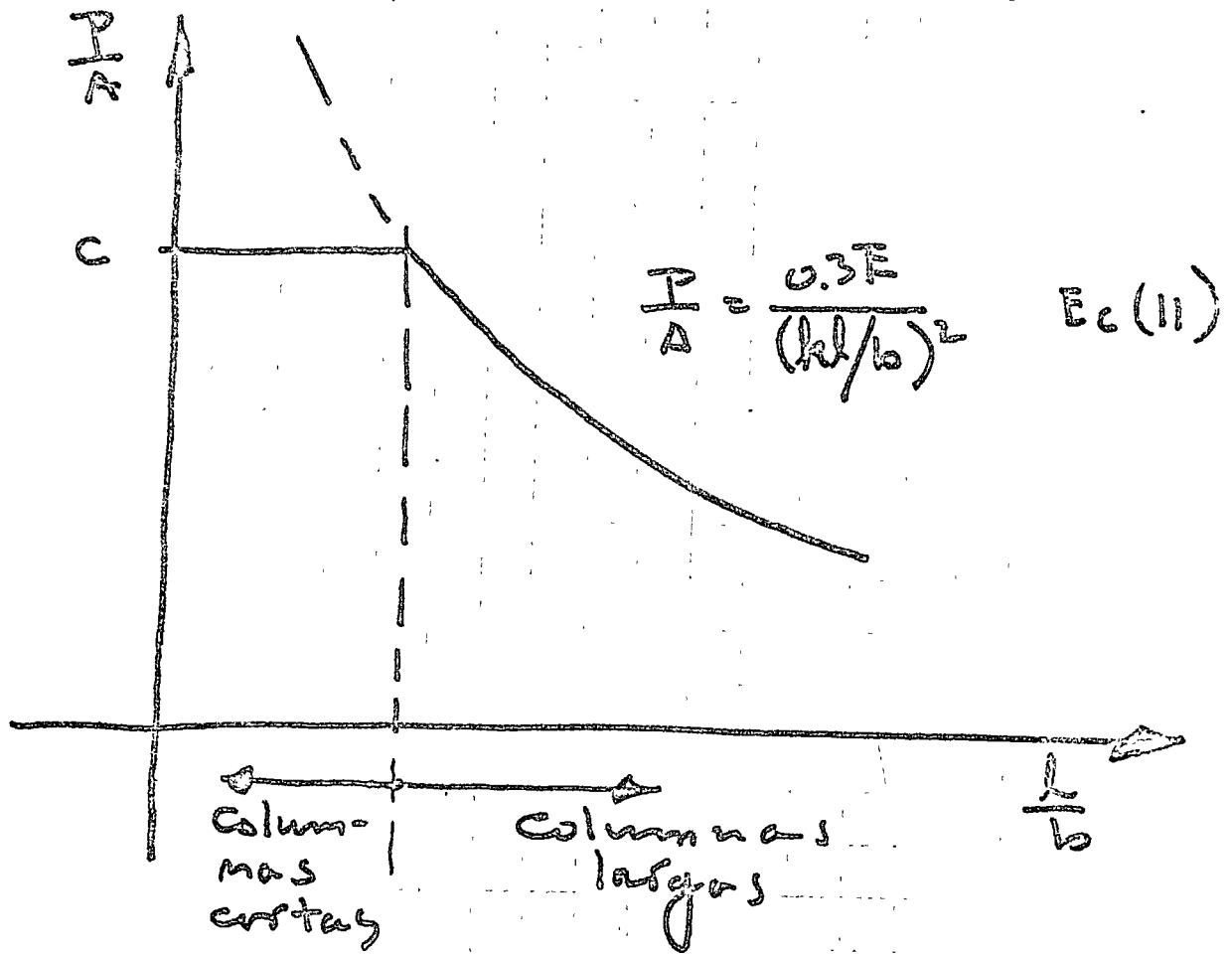


Fig. (25)

CURVA DE DIMENSIONAMIENTO PARA COLUMNAS DE MADERA BAJO CARGA AXIAL DE COMPRESION

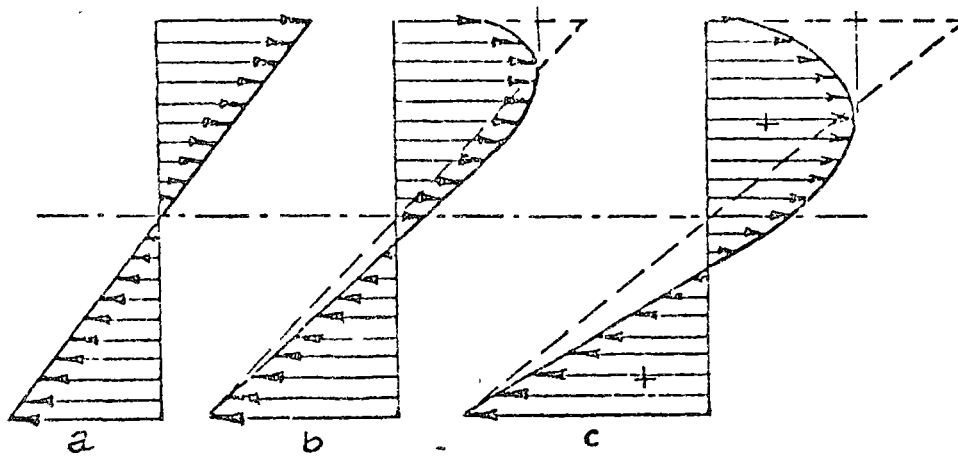
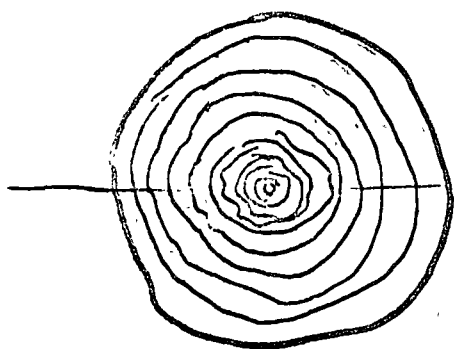
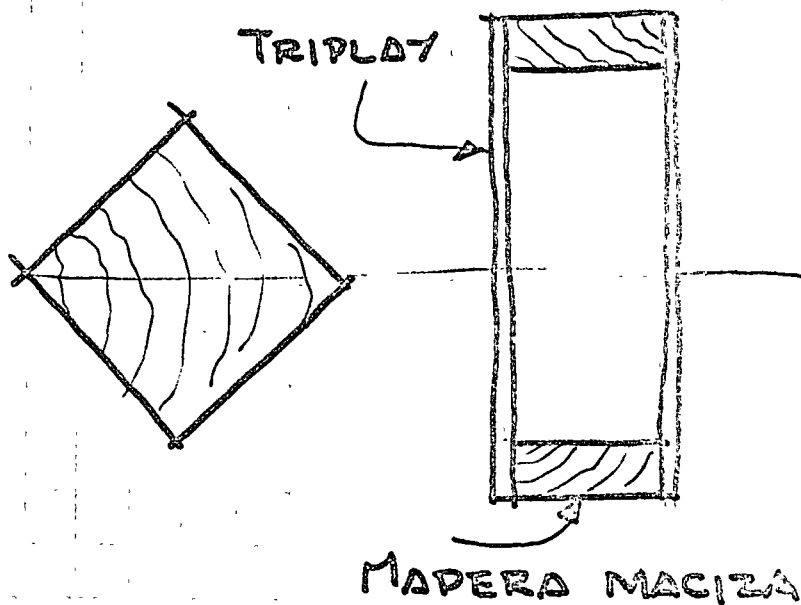


Fig (26) DISTRIBUCION
DE ESFUERZOS
EN UNA VIGA
DE MADERA
SUJETA A CARGA
CRECIENTE



(a)



(b)

(c)

Fig (27)

SECCIONES DE
VIGAS DE MADERA

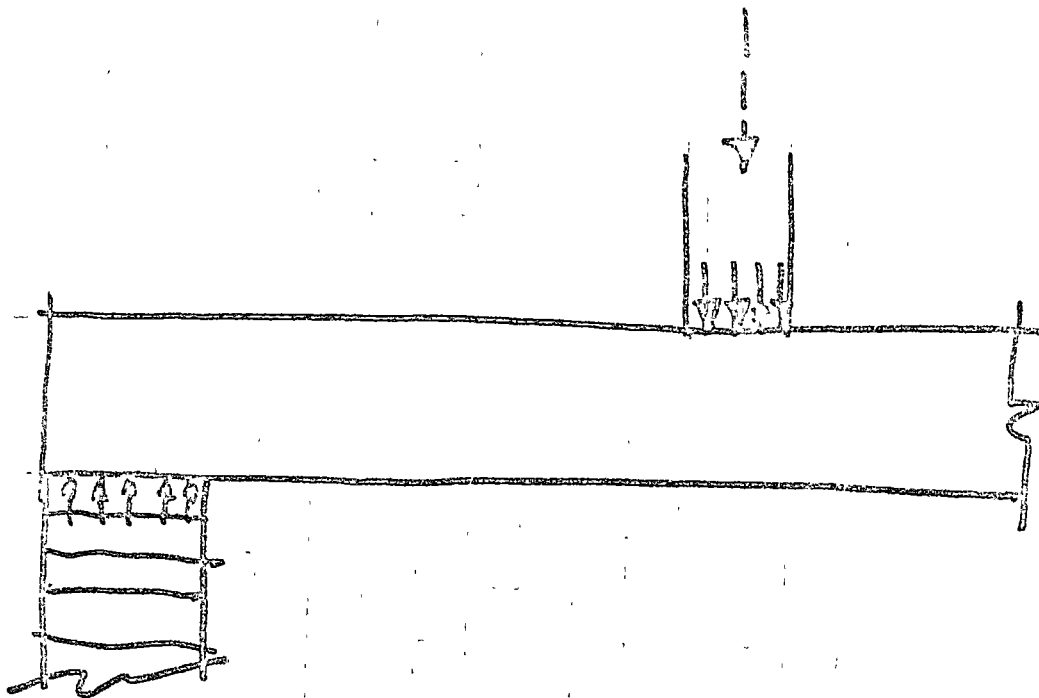
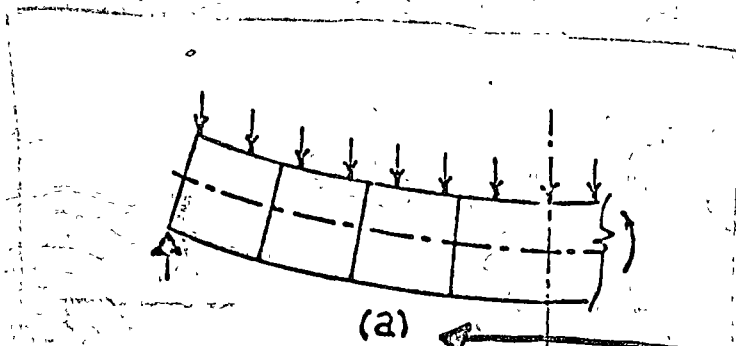
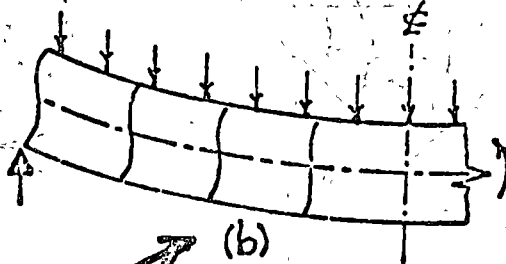


Fig (28)

ACCIONES
NORMALES A LAS
FIBRAS EN VIGAS
DE MADERA



Condición
suponiendo
que las
secciones
planas per-
manecen
planas



Condición real suponiendo
que las secciones planas se vuelven
curvas

Fig. (29) DEFLEXION
DE VIGA

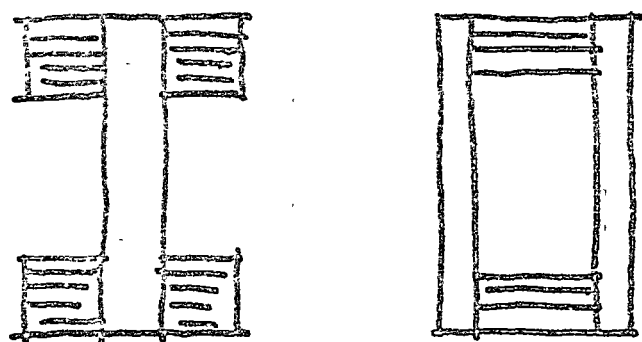
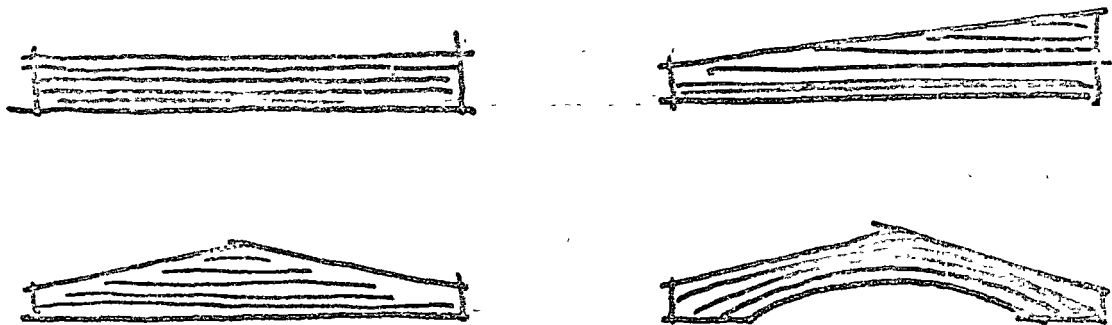


FIG (30)

VIGAS DE
MADERA LAMI-
NADA-PEGADA

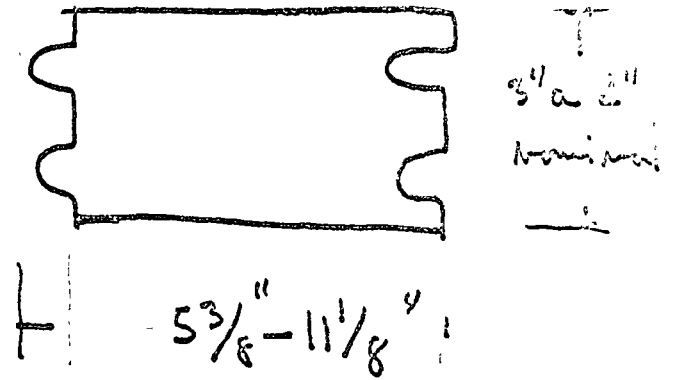
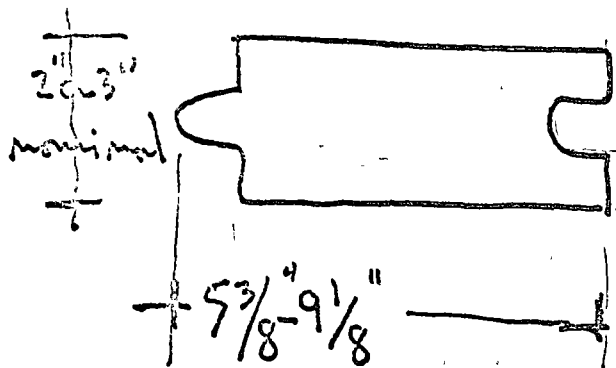


Fig (301)

TABLON MACHI-
HEMBRADO PARA
CARGAS PESADAS

Si menor de 6"
debe haber por
lo menos dos
tablas intermedias
sin juntas

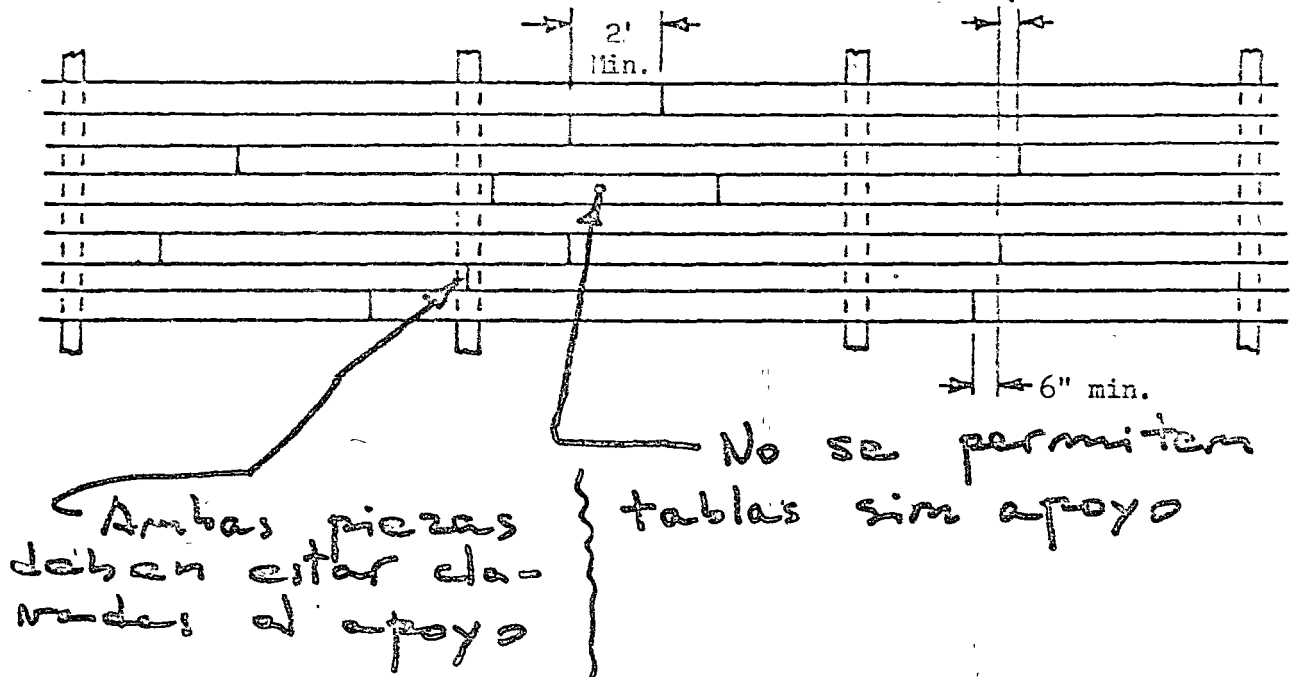


Fig 30" REGLAS PARA
PISOS FORMADOS POR
DUELAS, TABLAS O
TABLONES

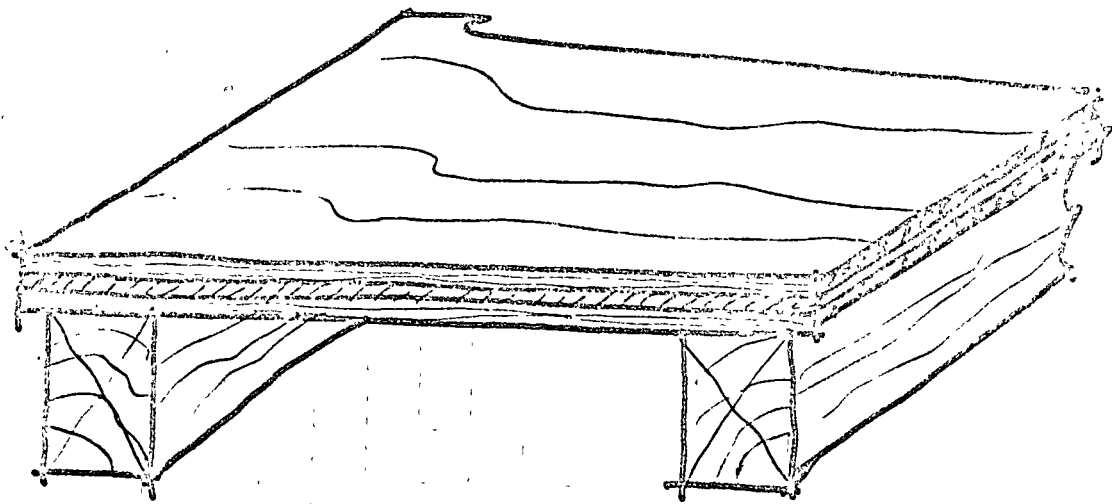


Fig (31) TRIPLAY CON FIBRAS
DE LAS CAPAS EX-
TERIORES PARA-
LELAS AL CLARO
(SENTIDO RESIS-
TENTE)

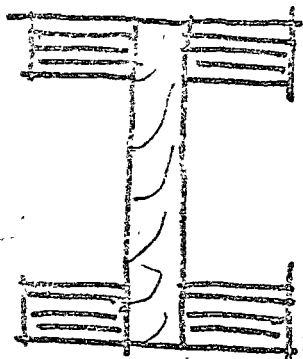
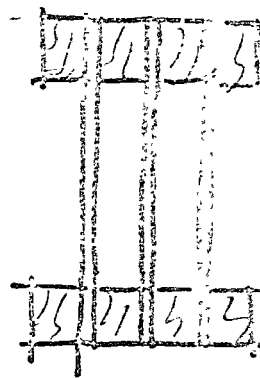
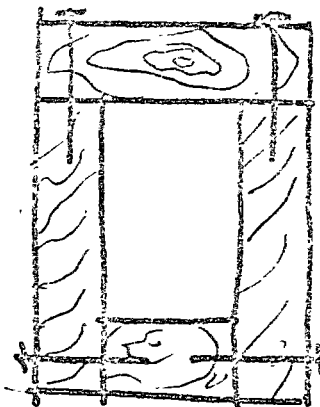
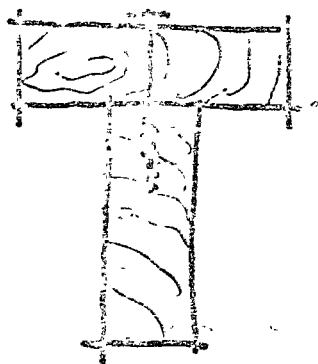


Fig. (32)

DIVERSAS SECCIONES
COMPUESTAS DE
MADERA

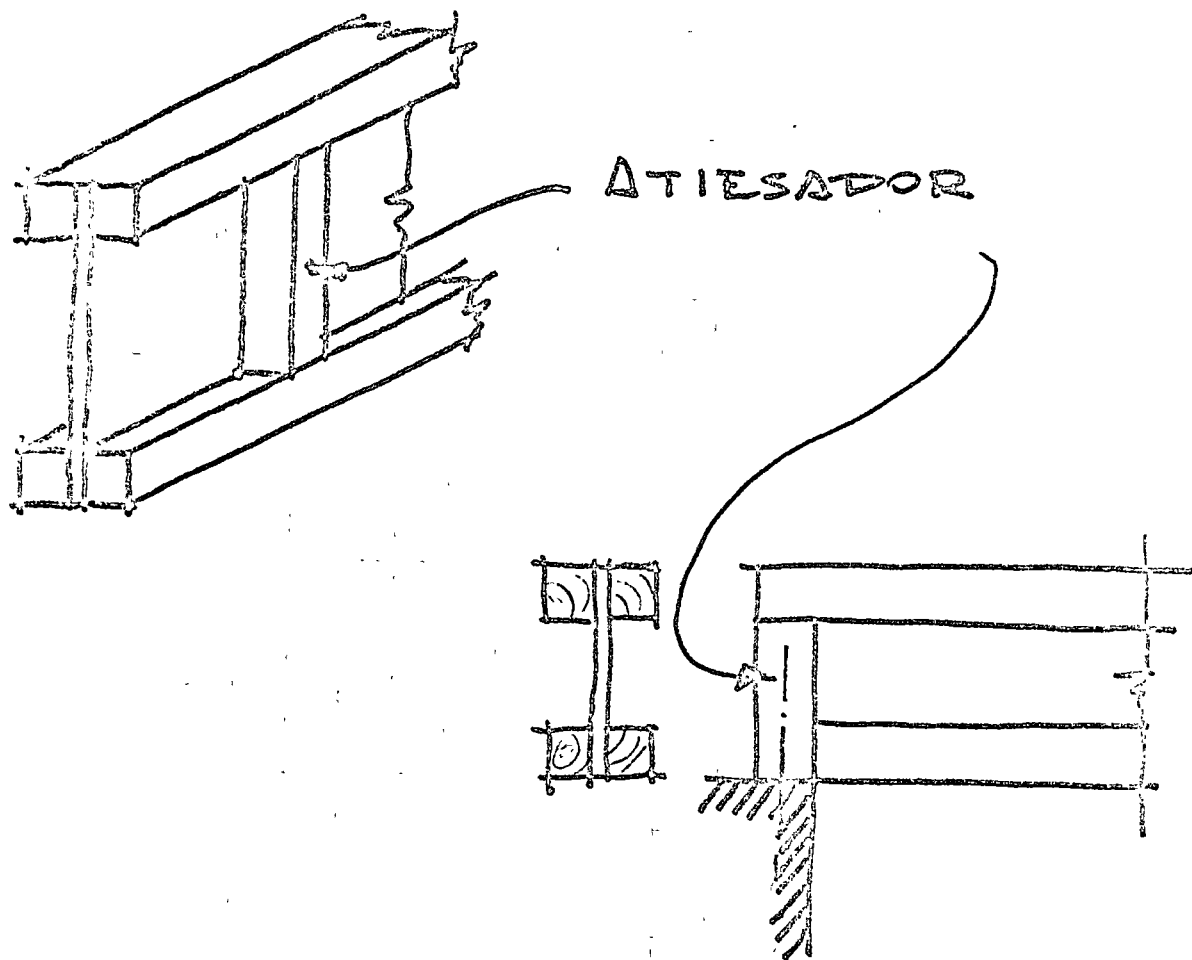


Fig. (33) ATIESADORES EN
VIGAS CON ALMAS
DE TRIPLAY

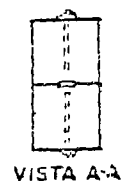
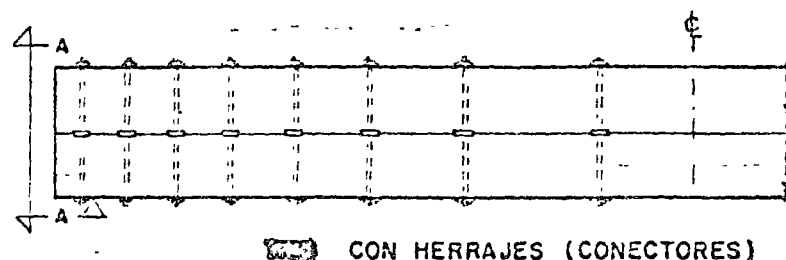
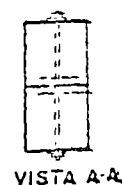
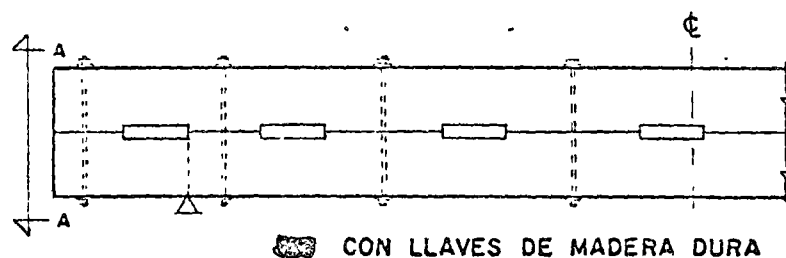
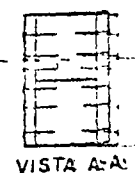
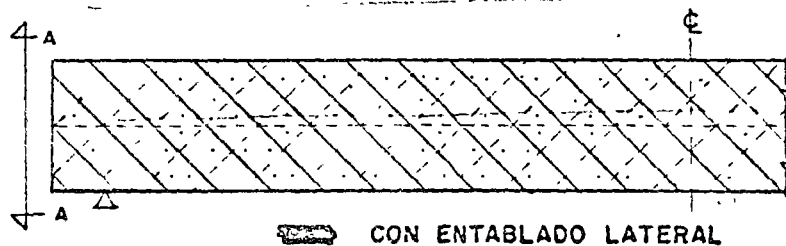
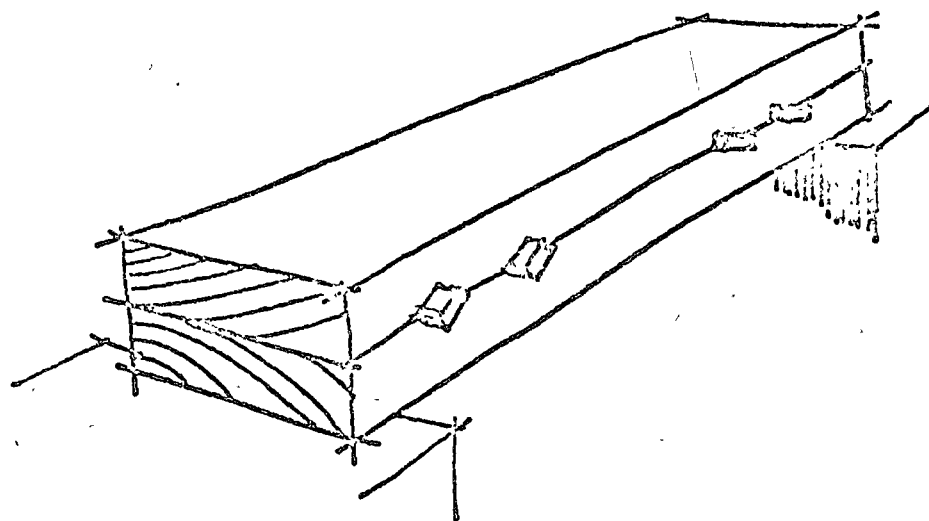


Fig (34) VIGAS COMPUESTAS
SOBREPUESTAS

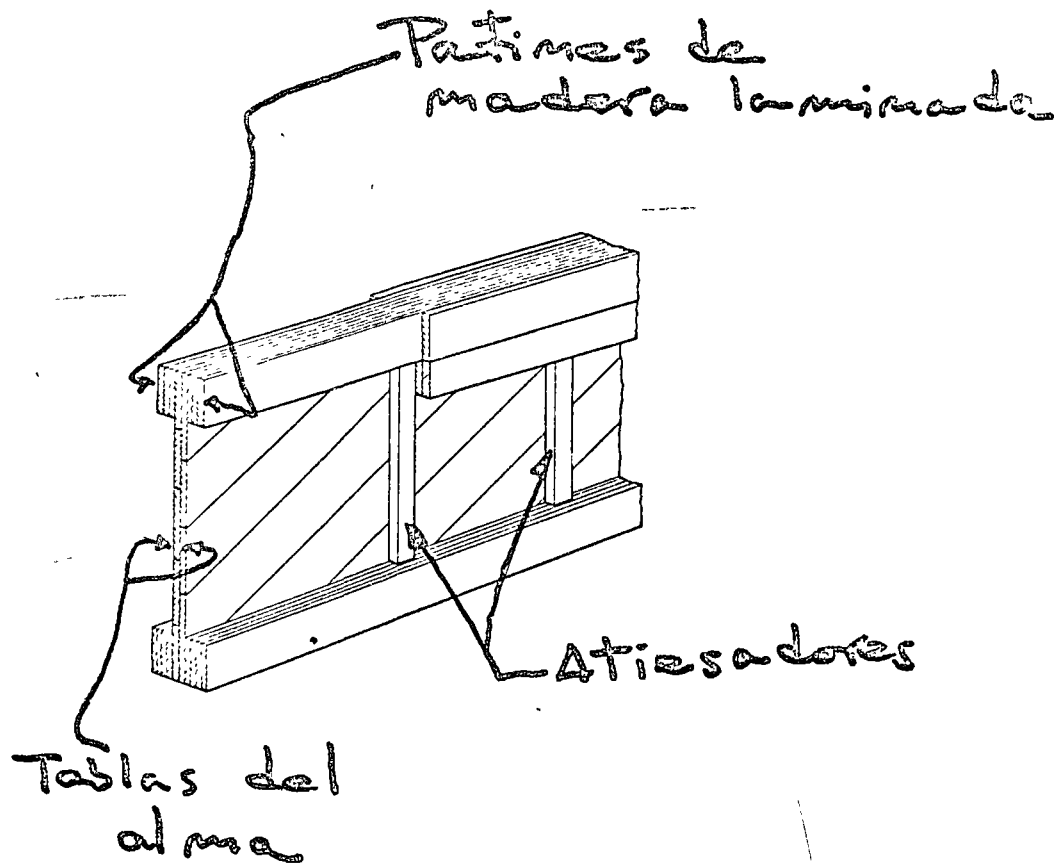


Fig. (35) SISTEMA HB

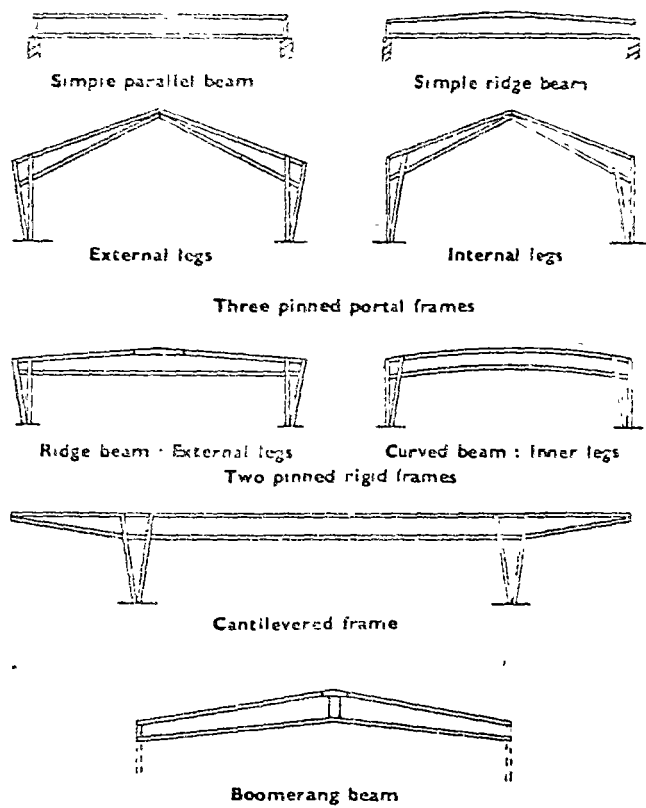


Fig. (36) EJEMPLOS
DE APLICACION
DEL SISTEMA HB

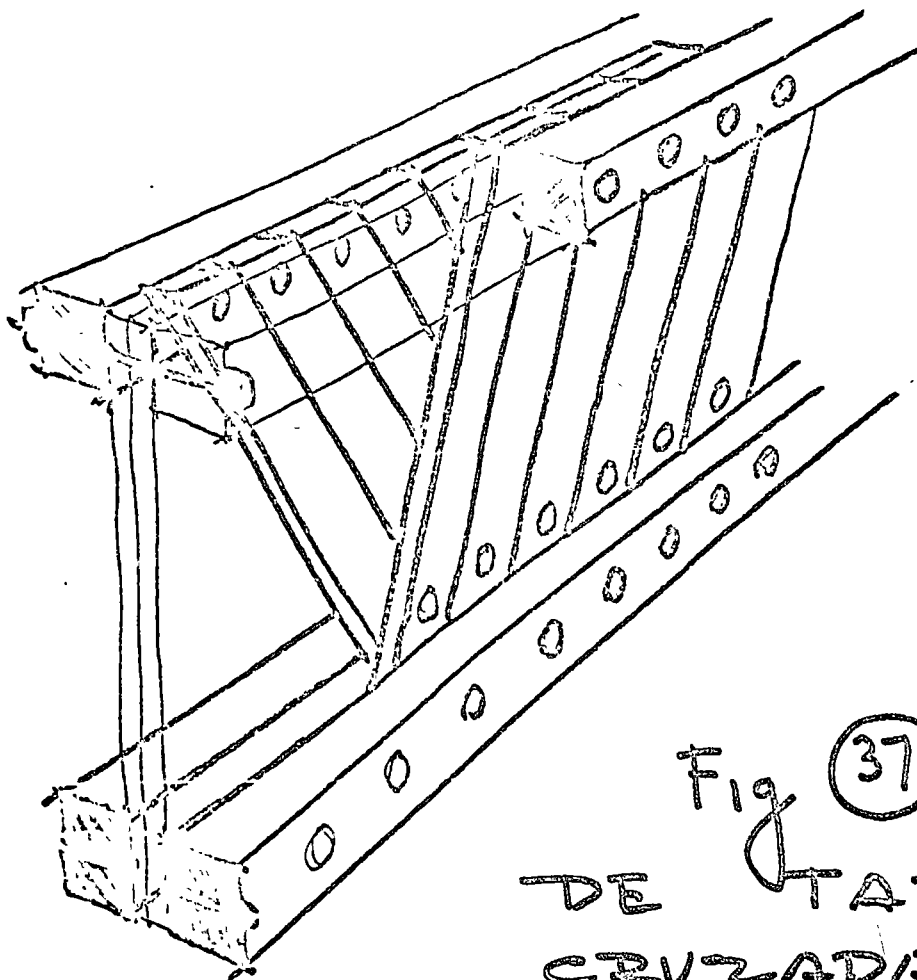
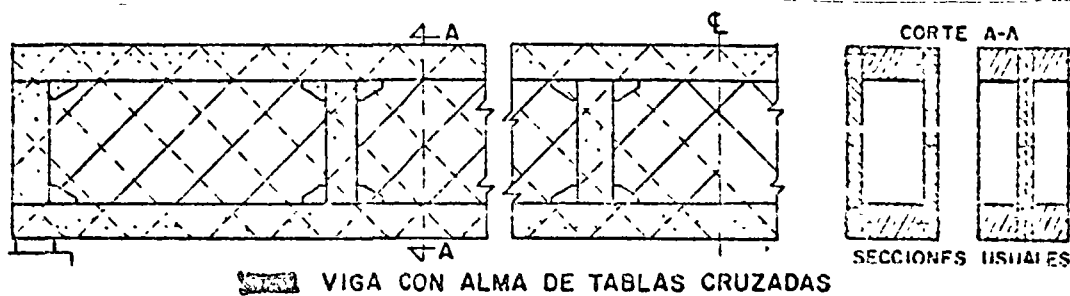


Fig (37) VIGAS
DE TABLAS
CRUZADAS



VIGA CON ALMA DE TABLAS CRUZADAS

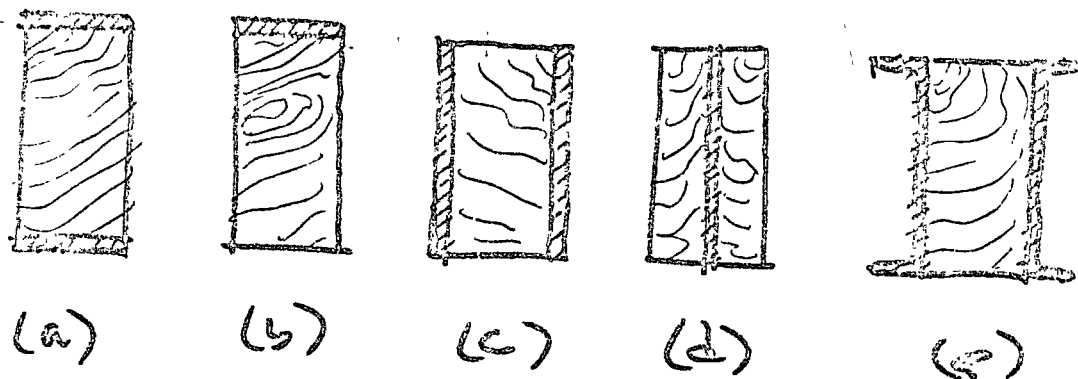
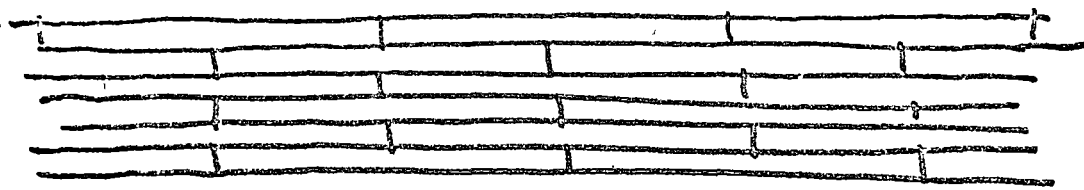
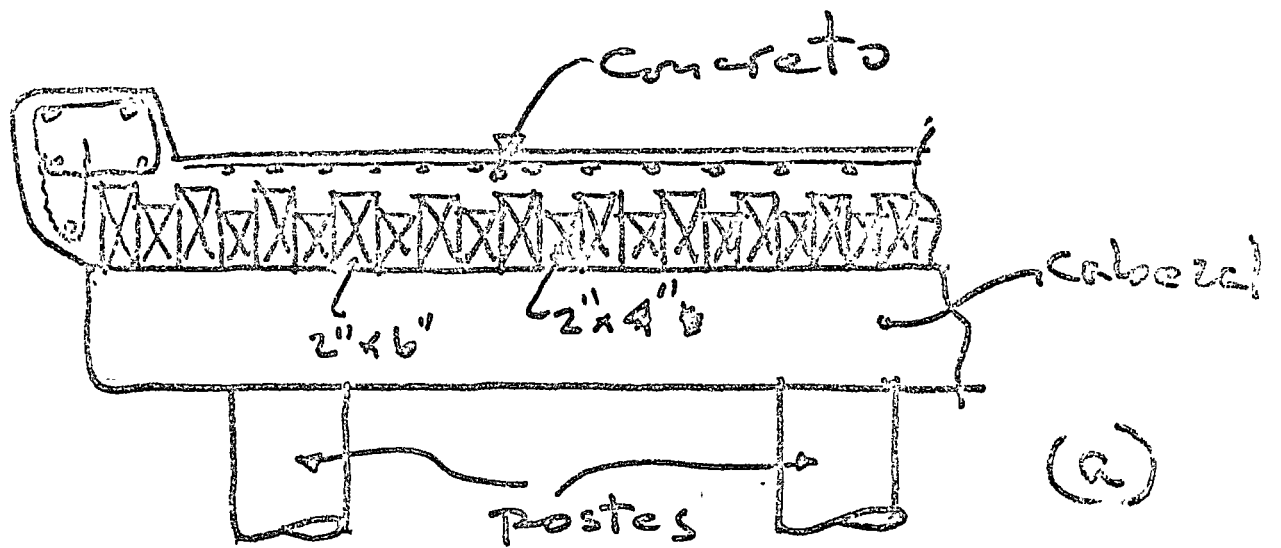
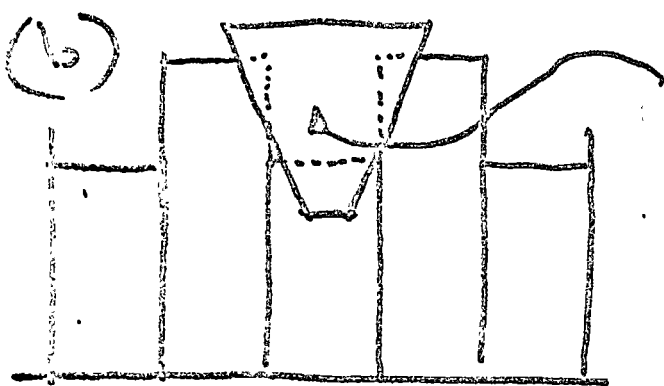


Fig 38 SECCIONES
COMPUESTAS DE
MADERA Y ACERO



Detalle juntas elementos laminados



Conector de
esfuerzo
cortante

(La miera de $\frac{3}{32}$ ")

Los conectores se insertan en
ranuras formadas en la
madera

Fig 391 LOSA COMPUESTA DE
MADERA Y CONCRETO

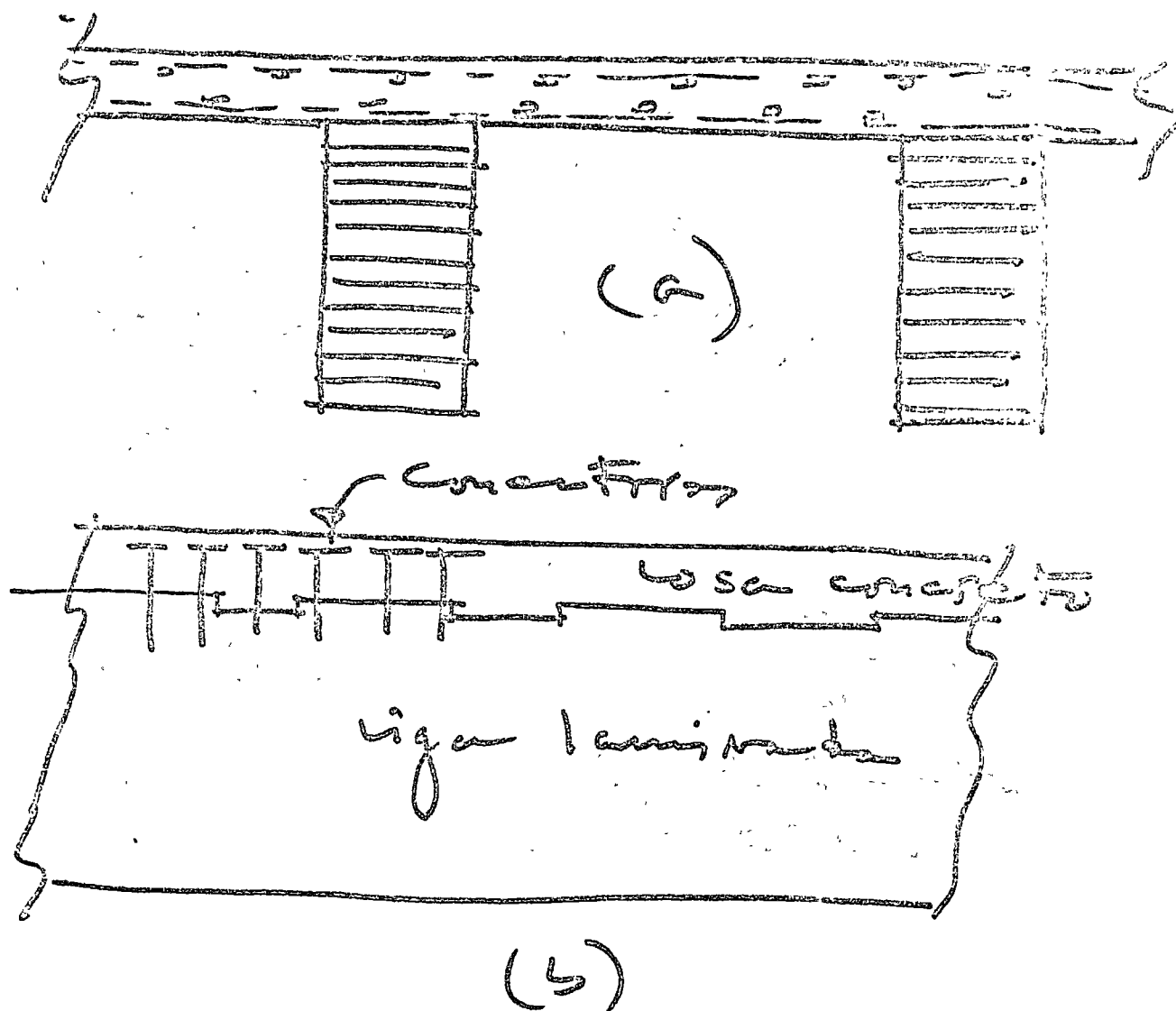


Fig. (39^o) VIGA COM-
PUESTA DE
MADERA Y CONCRETO

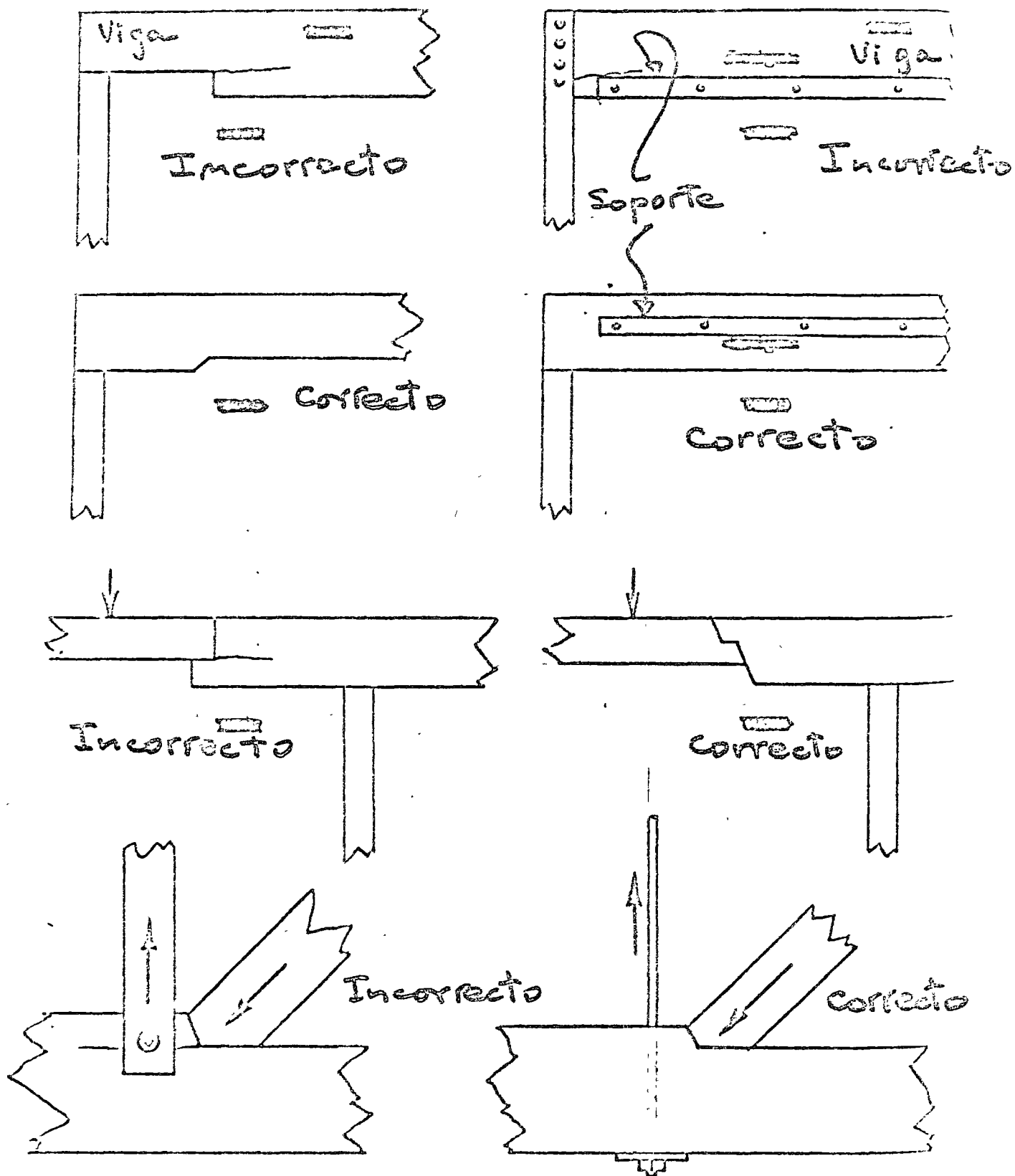


Fig. (41). PRÁCTICAS CONVENIENTES EN EL DETALLADO DE CONEXIONES

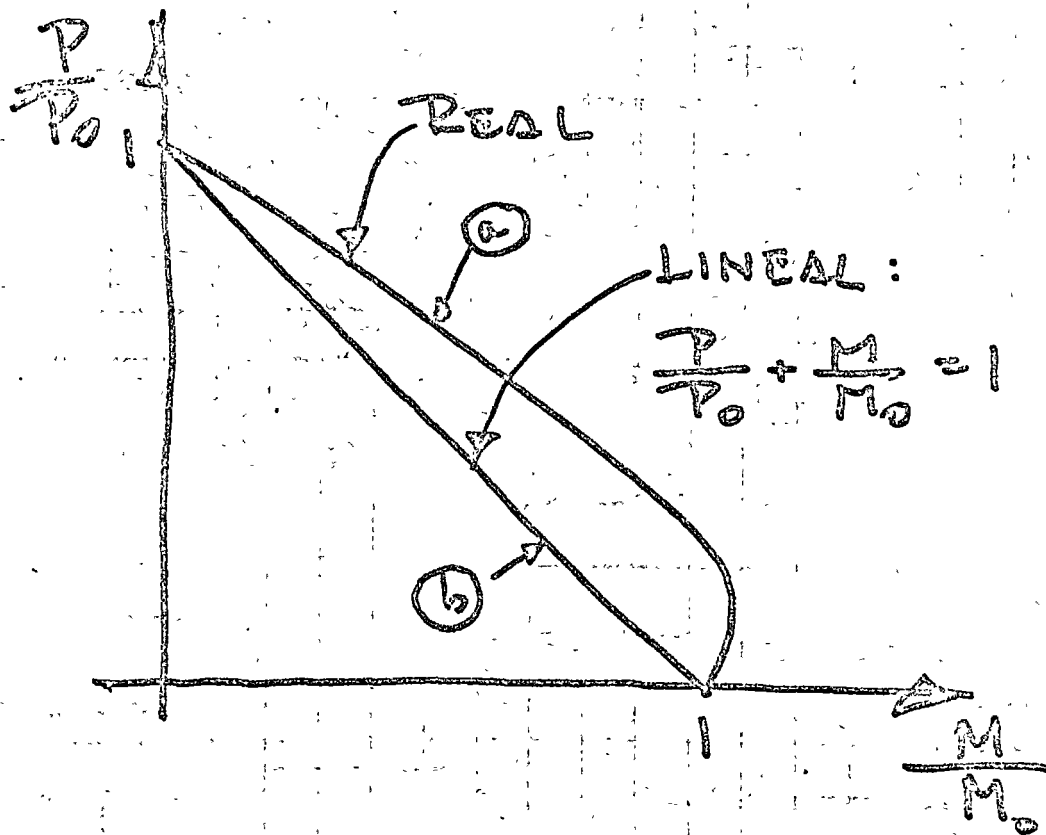
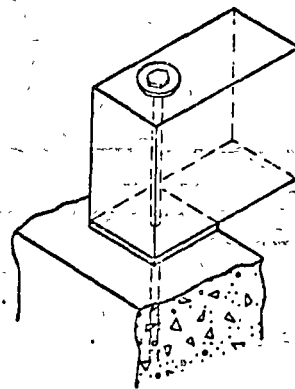
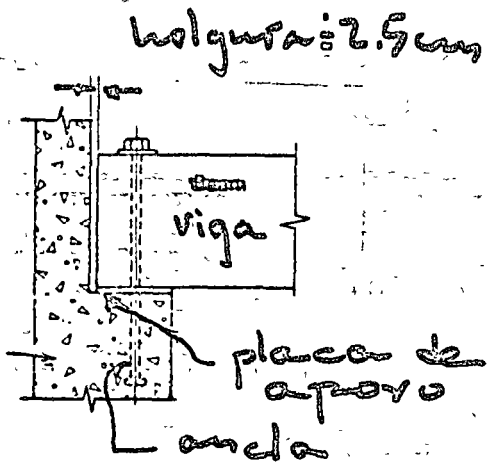
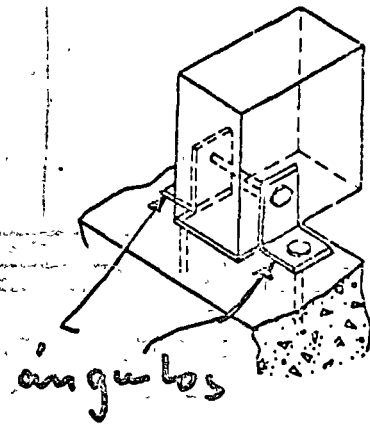
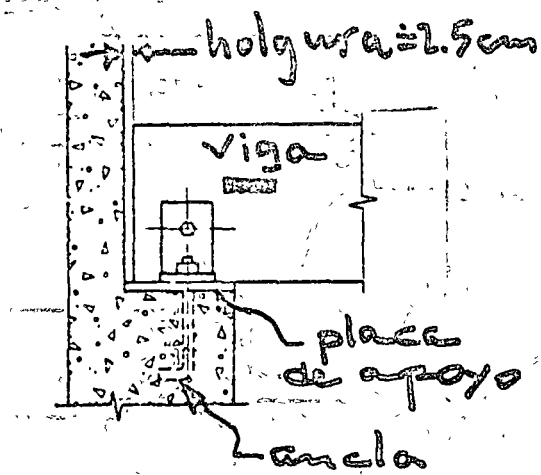


Fig (40) DIAGRAMAS
DE INTERACCION
CARGA AXIAL-MOMENTO



(Ver Manual AITC para más detalles.)

Fig 42 DETALLES DE
APOYO Y ANCLAJE
DE VIGAS EN CON-
CRETO O MAMPOS-
TERIA

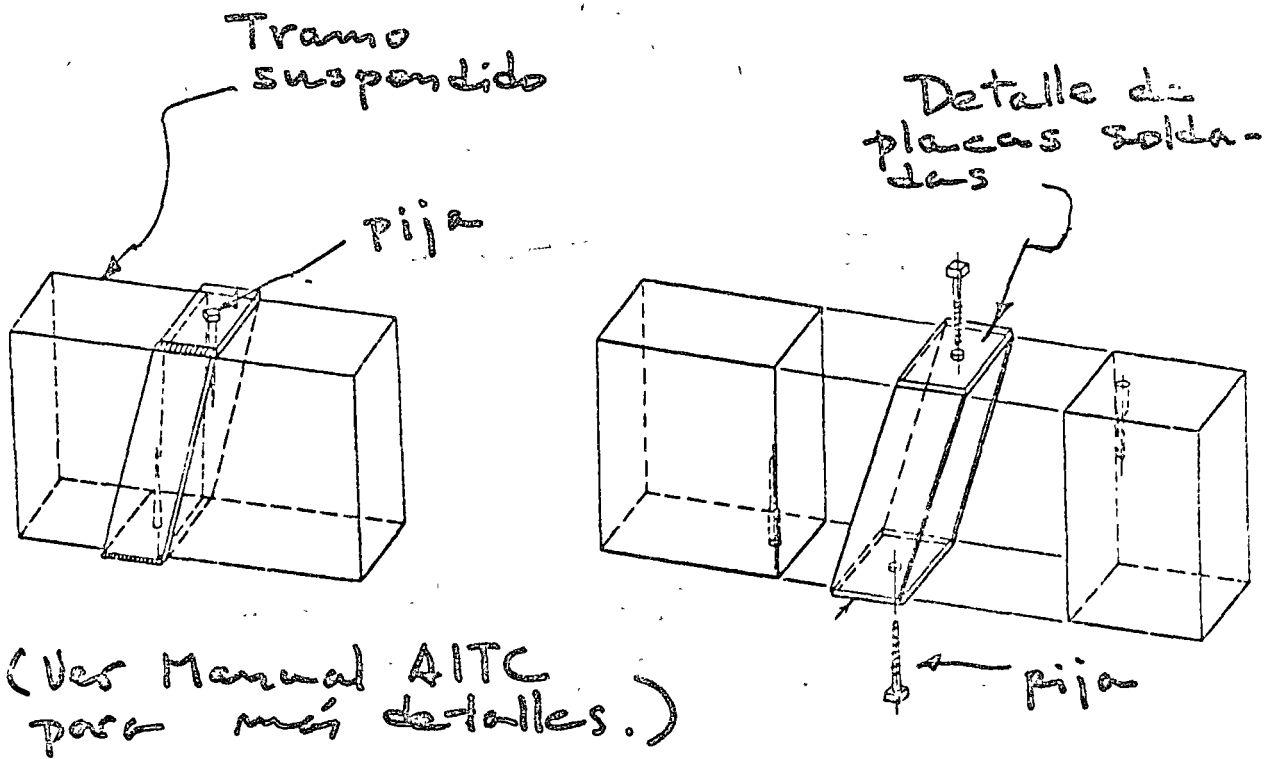
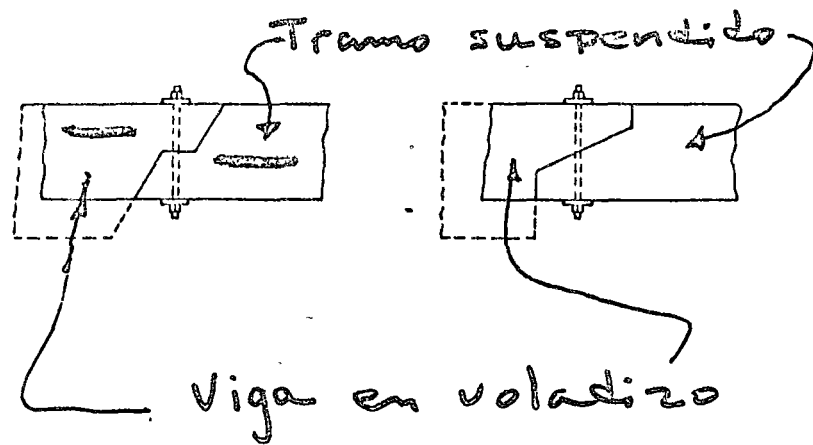
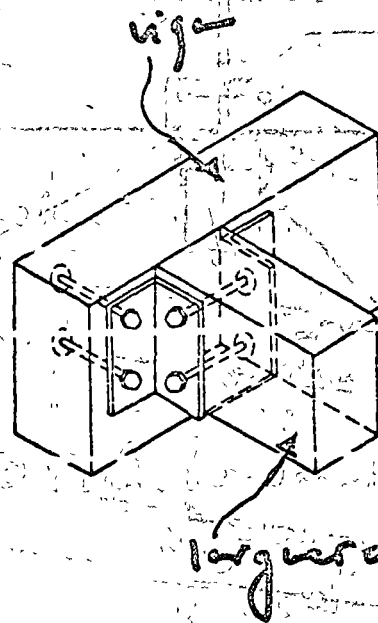
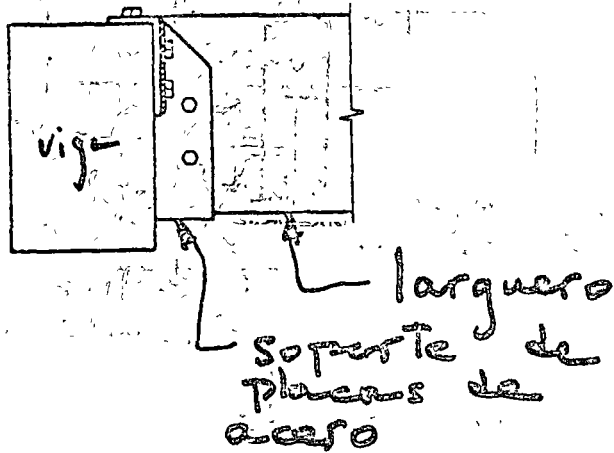


Fig. 43 CONEXION DE TRAMOS DE VIGA SUSPENDIDOS



(Ver Manual
AITE para
más detalles.)

Fig (44) APOYOS DE LARGUERO
SOBRE VIGA

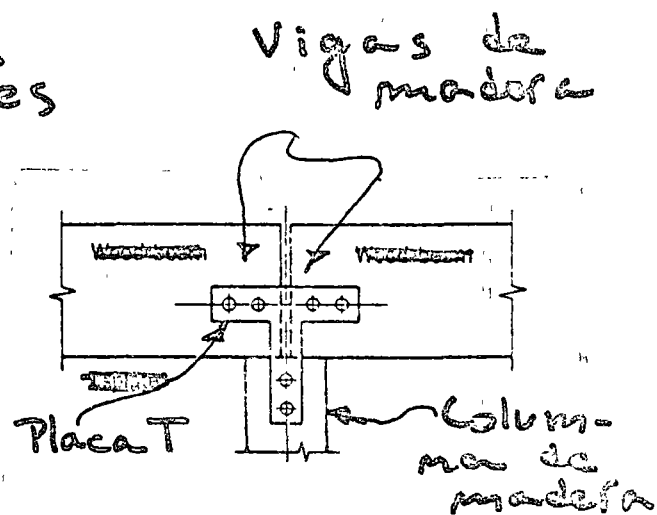
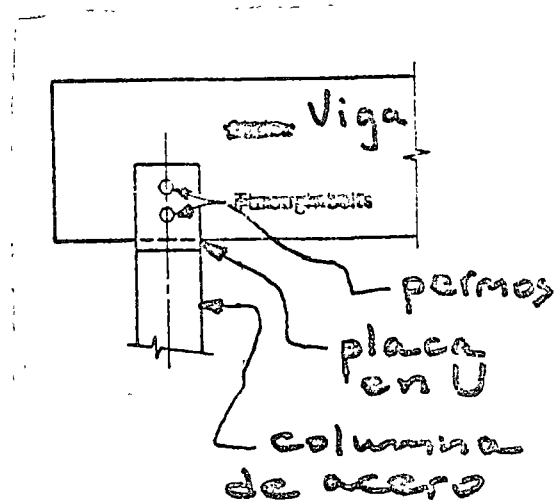
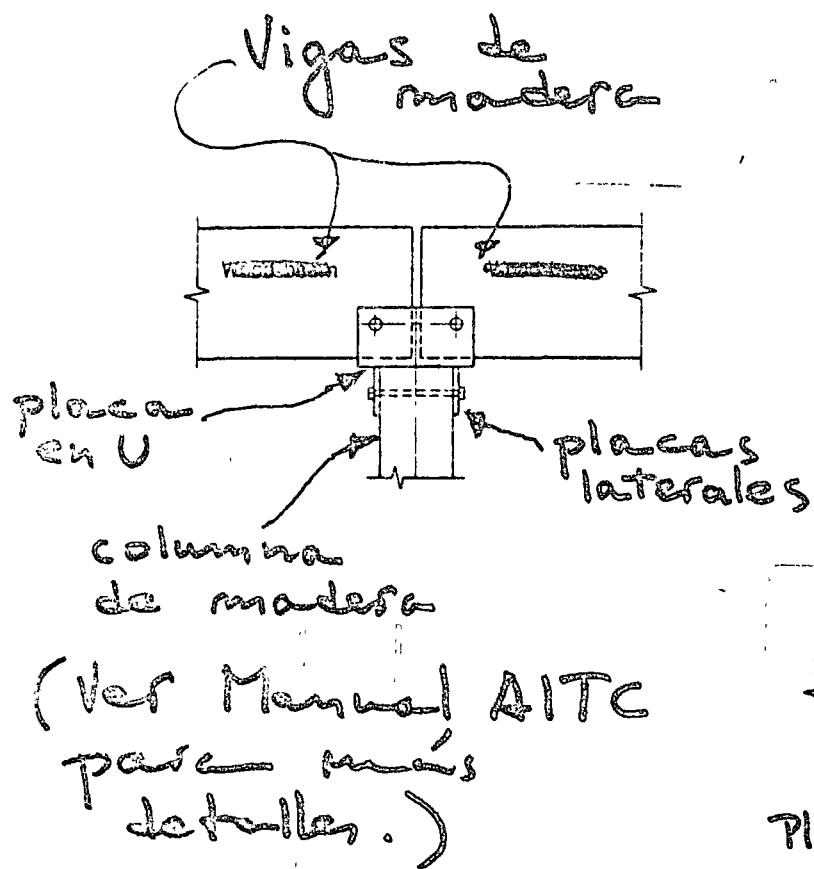


Fig 45 CONEXIONES
ENTRE COLUMNAS
Y VIGAS

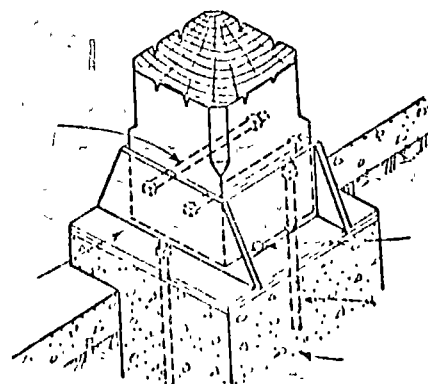
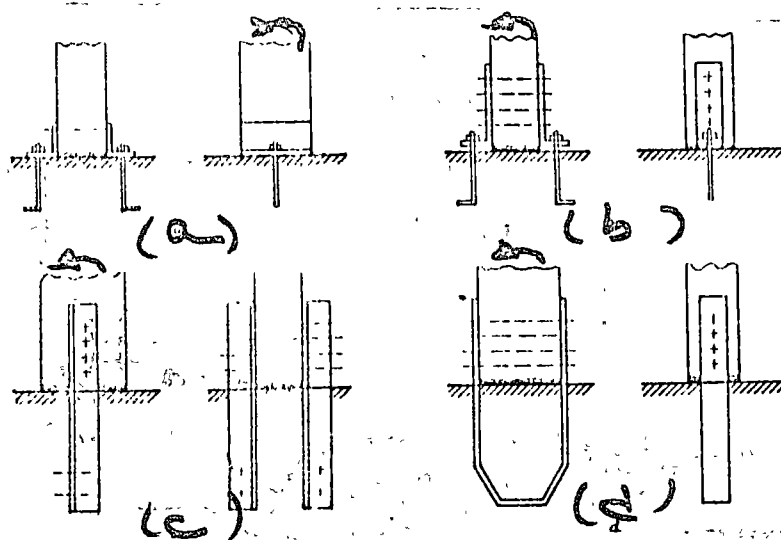
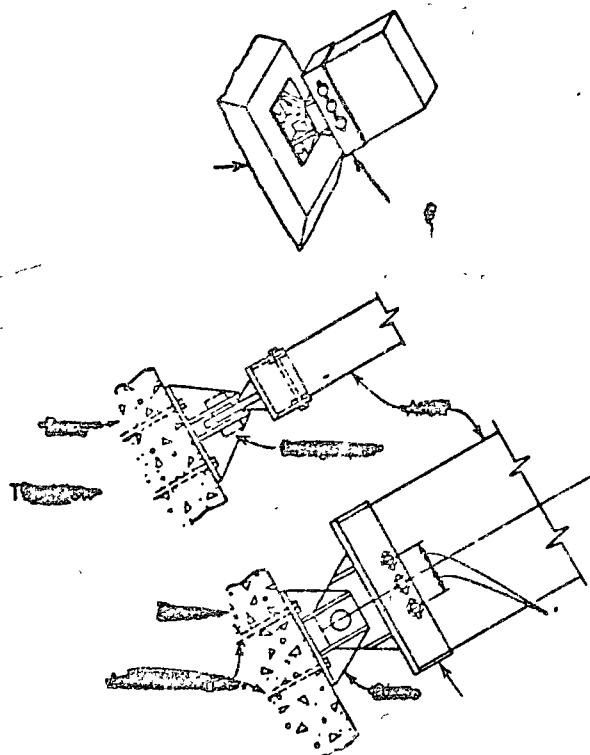


Fig (46) APOYOS DE
COLUMNAS
SOBRE CIMEN-
TACIONES



(Para otros detalles, ver Manual AITC.)

Fig (47)

APOYO ARTI-
CULADO PARA
UN ARCO



centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam



PROYECTO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS
EN MADERA.

TEMA : CIMBRAS

PROFS.- FRANCISCO ROBLES FERNANDEZ

CIMAS

Francisco B. L. B.
Universidade de São Paulo
Metropolização

mar 1975

CIMBRAS

F. Robk
mar 1975

DEFINICION :

ESTRUCTURA TEMPORAL
EMPLAZADA PARA SOPORTAR
DURANTE SU CONSTRUCCION
UNA ESTRUCTURA PERMA-
NENTE HASTA QUE ESTA
SEA AUTOSOPORTABLE.

— • —

LA CIMBRA DE UN
ESTRUCTURA DE CONCRETO
TIENE SOPORTAR EL CONCRETO
FUNDIDO Y LAS CARGAS DE
CONSTRUCCION (MATERIALES
Y OBREROS)

PROPORCION COSTO
CINTERA TEN TEL
COSTO TOTAL DE LAS
ESTRUCTURAS DE
CONCRETO :

25 - 50%

REQUISITOS CIMENTA

1. ASEGURAR LOGRO DIMENSIONES ESTRUCTURA DENTRO DE TOLERANCIAS PRESTABLECIDAS.
2. GARANTIZAR RESISTENCIA Y RIGIDEZ ADECUADAS
3. GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE TRABAJADORES Y ESTRUCTURA
4. PROPORCIONAR TEXTURA DESEADA.
5. PERMITIR USOS REPETITIVOS
6. LOGRAR EL MINIMO COSTO COMPATIBLE CON SEGURIDAD Y CALIDAD. (ECONOMIA).

MATERIALES

MADERA

ORDINARIA

TRIPLY

CONECTORES

CLAVOS

TORNILLOS

PIES

ACCESORIOS
DIVERSOS

TIRANTES

SEPARADORES

COLGADORES

ETC.

MADERA

Enfermedades { Verde, porque se
seca y alabea
durante tiempo
caluroso

{ Muy seca, porque
se hincha de
masiado al mo-
jarse

Al comprar maderas
estas deben ir cepilladas
y escoger las dimensiones que
menor desperdicio impliquen
según características propias.

Se dice machihembrado
por su facilidad.

MAPSA: Display

TRATAMIENTOS
SUPERFICIALES
PROTECTORES

Resina conductora
Resinas epoxicas
Fibra de vidrio
Cera

EVITAR SUPERFICIES DEMASIADO
PULIDAS QUE PRODUZCAN
REFLEJAMIENTO SUPERFICIAL
("GLARE")

ESTRUCURAS USADAS : $5/16" - 3/4"$

NO DE USOS : $50 - 1000$

CONJUNTOS CONSTITUIDOS
POR LAS PLACAS DE
DISPLAY, TRANSMISOR Y
DE SENTIDOS:

Resina
Epoxica



CLAVOS

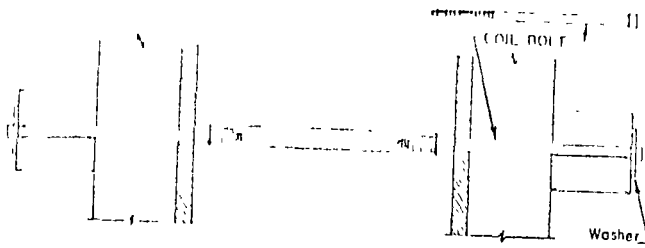
Evitar usar { Demasiados clavos
clavos muy grandes

Empezar con clavos delgados!!

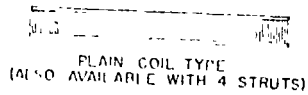
En algunos casos es ventajoso
usar clavos de doble canal
para facilitar descimbrado.

El clavado debe ser tal
que se facilite el
descimbrado.

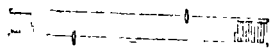
Accessories TIE-BARS



COIL TYPE TIE WITH CONE SPREADER



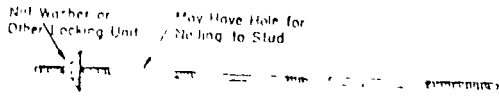
PLAIN COIL TYPE
(ALSO AVAILABLE WITH 4 STRUTS)



WATER SEAL COIL TYPE

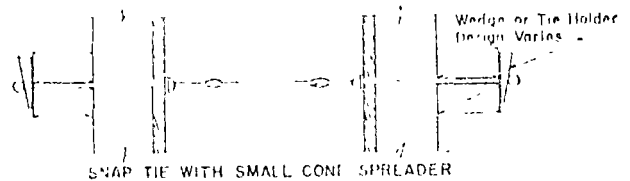
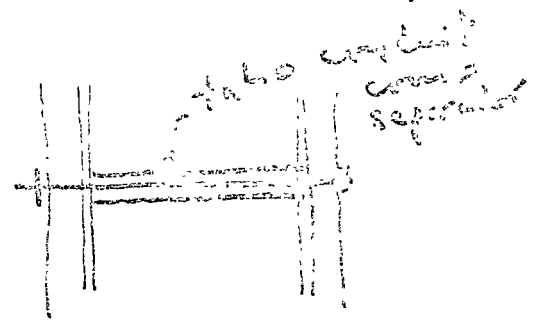


CRIMPED TIE WITH DISCONNECTING ENDS

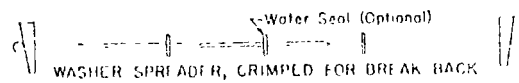


PLAIN TIE WITH SHE-BOLT DISCONNECTING ENDS

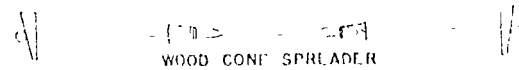
TIRANTES



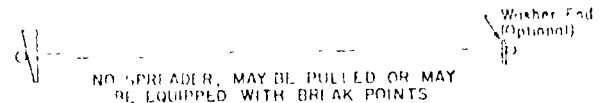
SNAP TIE WITH SMALL CONE SPREADER



WASHER SPREADER, CRIMPED FOR BREAK BACK

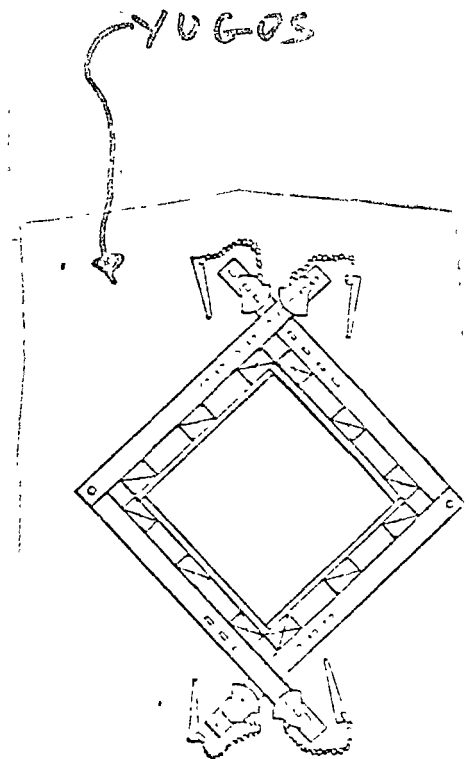
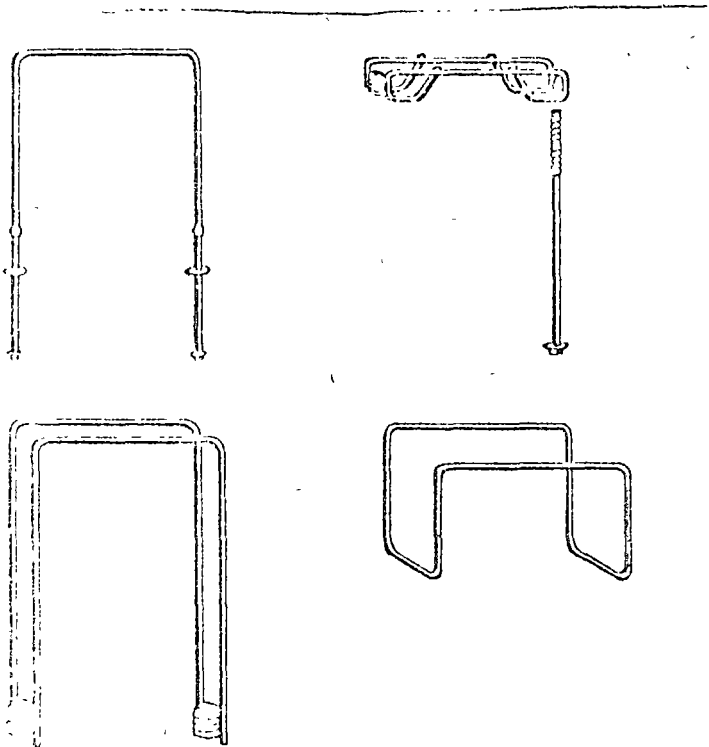
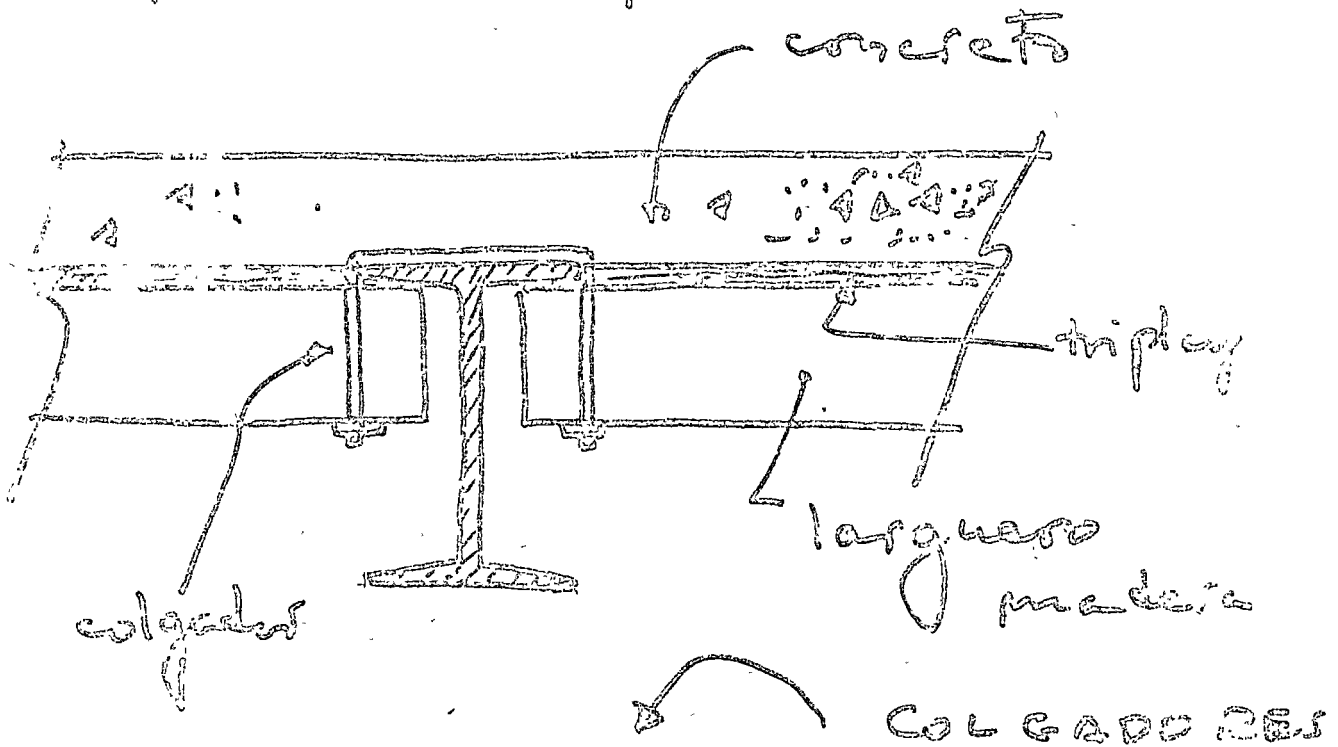


WOOD CONE SPREADER



NO SPREADER, MAY BE PULLED OR MAY
BE EQUIPPED WITH BREAK POINTS

ACCESORIOS DIVERSOS



DISEÑO

OBJETIVOS

1. APROVECHAMIENTO OPTIMO ESCUADRIAS DISPONIBLES EN EL MERCADO
2. DISEÑO BALANCEADO
3. MODULACION
4. FACIL USO MULTIPLE
5. MANO DE OBRA MINIMA
6. FACILIDAD DE DESCIMBRADO
7. SENCILLEZ CONSTRUCTIVA

El proceso a seguir en el diseño depende de las (participaciones) en cada caso (material disponible) y en el momento de construcción.

DISEÑO

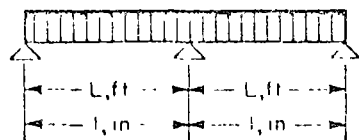
GRADO DE PRECISION:

Debe ser congruente con las magnitudes en las características de los materiales y las magnitudes de las cargas.

SIMPLIFICACIONES USUALES:

1. Todas las cargas se suponen uniformemente distribuidas.
2. Las vigas apoyadas sobre ~~tramos~~ ^{de tres} más apoyos se consideran en tramos y se utilizan fórmulas apropiadas.
3. Las vigas continuas de dos claros se consideran como vigas simplemente apoyadas.

BEAM CONTINUOUS OVER TWO EQUAL SPANS, UNIFORM LOAD



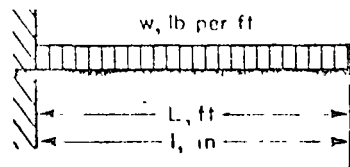
$$M_{max} = \frac{wL^2}{8} \text{ ft-lb} = \frac{wl^2}{96} \text{ in-lb}$$

$$\Delta_{max} = \frac{1}{185} \times \frac{w}{12} \times \frac{L^4}{EI} \text{ in.}$$

$$V_{max} = \frac{5}{8} wL \text{ lb}$$

$$V = \frac{5w}{8} \left(L - \frac{2h}{12} \right) \text{ lb} \quad (\text{modified value neglecting load within distance } h \text{ from supports})$$

CANTILEVER (FIXED AT ONE END) BEAM, UNIFORM LOAD

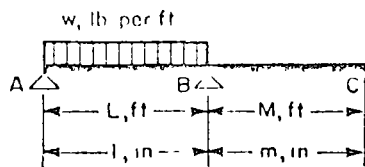


$$M_{max} = \frac{wL^2}{2} \text{ ft-lb} = \frac{wl^2}{24} \text{ in-lb}$$

$$\Delta_{max} = \frac{w}{12} \times \frac{L^4}{EI} = \frac{wl^4}{96EI} \text{ in.}$$

$$V_{max} = wL \text{ lb}$$

BEAM OVERHANGING ONE SUPPORT, UNIFORM LOAD BETWEEN SUPPORTS

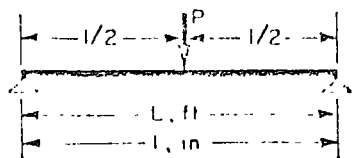


$$M_{max} = \frac{wL^2}{8} \text{ ft-lb} = \frac{wl^2}{96} \text{ in-lb}$$

$$\Delta_{max} = \frac{5}{384} \times \frac{w}{12} \times \frac{M^4}{EI} \text{ in.}$$

$$\Delta_c = \frac{w}{12} \times \frac{L^4}{EI} \quad V_{max} = \frac{wL}{2}$$

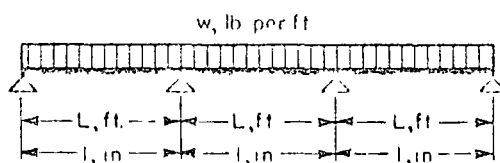
SIMPLY SUPPORTED BEAM, CONCENTRATED LOAD AT MIDPOINT



$$M_{max} = \frac{PL}{4} \text{ ft-lb} = \frac{Pl}{4} \text{ in-lb}$$

$$\Delta_{max} = \frac{P^2}{18EI} \text{ in.} \quad V_{max} = \frac{P}{2} \text{ lb}$$

BEAM CONTINUOUS OVER 3 OR MORE SPANS, UNIFORM LOAD (approximate values)



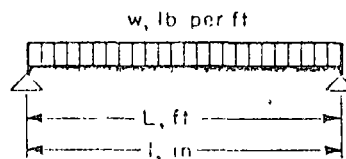
$$M_{max} = \frac{wL^2}{10} \text{ ft-lb} = \frac{wl^2}{120} \text{ in-lb}$$

$$\Delta_{max} = \frac{1}{145} \times \frac{w}{12} \times \frac{L^4}{EI} \text{ in.}$$

$$V_{max} = 0.6 wL \text{ lb}$$

$$V = 0.6 w \left(L - \frac{2h}{12} \right) \text{ lb} \quad (\text{modified value neglecting load within distance } h \text{ from supports})$$

SIMPLY SUPPORTED BEAM, UNIFORM LOAD



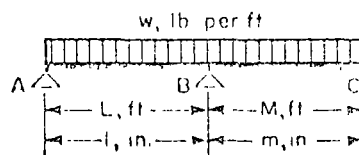
$$M_{max} = \frac{wL^2}{8} \text{ ft-lb} = \frac{wl^2}{96} \text{ in-lb}$$

$$\Delta_{max} = \frac{5}{384} \times \frac{w}{12} \times \frac{L^4}{EI} \text{ in.}$$

$$V_{max} = \frac{wL}{2} \text{ lb}$$

$$V = \frac{w}{2} \left(L - \frac{2h}{12} \right) \text{ lb} \quad (\text{modified value neglecting load within distance } h \text{ from supports})$$

BEAM OVERHANGING ONE SUPPORT, UNIFORM LOAD



$$M_{max} \text{ at } B = \frac{w}{8L} (L + M)^2 (L - M)^2 \text{ ft-lb}$$

$$= \frac{wl}{96L} (l + m)^2 (l - m)^2 \text{ in-lb}$$

$$M_c = \frac{wM^2}{2} \text{ ft-lb} = \frac{wm^2}{24} \text{ in-lb}$$

$$\Delta_c = \frac{w}{12} \times \frac{M^4}{EI} (1m^2 + L^2 + 3m^2)$$

$$\Delta_r (\text{from } A) = \frac{w}{12} \times \frac{L^4}{EI} (L^2 + 2L^2 + L^2 + 2m^2 + 2m^2) \text{ in.}$$

$$V_{max} \text{ at } B = \frac{w}{2L} (L^2 + M^2) \text{ lb}$$

DISEÑO

13

PARA DIMENSIONAR
LOS ELEMENTOS DE
LAS CINTAS SE
NECESITA CONOCER:

- A) LAS CARGAS
- B) LOS ESFUERZOS
PERMISIBLES
- C) LAS DEFORMA-
CIONES ACEPTABLES

CARGAS

VERTICALES

Carga muerta {

 cimbrera: $15 - 75 \text{ kg/m}^2$

 armado: $2.5 \text{ cm}^2/\text{m}^2$

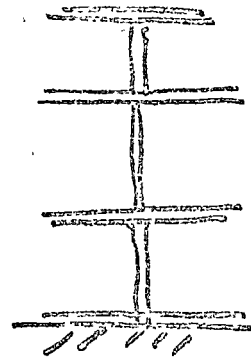
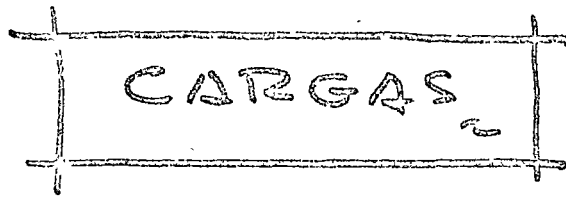
Carga viva {

 250 kg/m^2 (trabajo diario, tránsito, impacto, equipo)

 370 kg/m^2 (cuando se aplican las cargas de los pisos más de 10 m de altura)

(La carga total máxima debe ser menor de 500 kg/m^2 para el diseño de los pisos (definitivos).)

Según el tipo de construcción se aplican cargas vivas, también con variaciones (una carga más fuerte de 100 kg/m^2 más una carga distribuida con concentración en cualquier punto de la superficie igual a 100 kg/m^2).



CARGAS SOBRE PIES DETRECHOS EN EDIFICIOS DE VARIOS PISOS

Al determinar el número de pisos que deben apuntalar, debe tenerse en cuenta:

- 1.- Capacidad de carga del sistema de piso.
2. Carga muerta concreto más acero.
3. Carga viva de construcción.
4. Resistencia del concreto en el momento de aplicar la carga.

Cuando se desea un ritmo de construcción rápido, ACI 307 recomienda que los pies derechos se diseñen para soportar al menos 1.5 veces las cargas permanentes y de construcción de un piso terminado.

CARGAS

PRESION LATERAL

CONCRETO FRESCO

Se parece a la presión hidrostática de un líquido de densidad alta.

Al endurecer el concreto deja de ejercer empuje lateral.

Factores
que influyen

1. Paso concreto

2. Rapidez de colocación

3. Vibrado (aumenta presión, especialmente en un punto q/o respecto a otros métodos de colocación)

4. Temperatura

CARGAS.

ESTIMACION PRESION

LATERAL SEGUN ACI 347

Para muros

$$w_{\text{concrete}} = 150 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

Si $R \leq 7 \text{ ft/hr}$:

$$p = 150 + \frac{9000R}{T}$$

Si $R > 7 \text{ ft/hr}$:

$$p = 150 + \frac{43400}{T} + \frac{2900}{150}$$

(Valor mínimo: el menor de
2000 psf o 150 lb.)

= presión lateral máxima (psf)
(libras por pie cuadrado)

= rapidez de colocación, en
pies por hora

= temperatura del concreto en °F.

= altura máxima del concreto
vertido en el molde.

CARGAS

ESTIMACION ... (continuación)

Para columnas

$$P = 150 + \frac{9000K}{T}$$

Valor máximo: el menor de
3000 psf y 150 k

Para valores del peso tributario
de 150 #/ft², corregir peso
provisionalmente.

CARGAS

FUERZAS HORIZONTALES

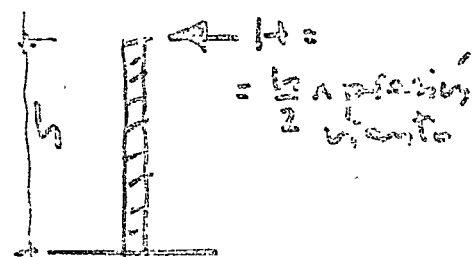
(Viento, arrastre y alto de equipo, apoyos inclinados, etc.)

Para cimbras de losas

100 #/pie lineal del lado de la losa ó 20% de la carga muerta total (distribuida como carga uniforme por pie lineal del lado de la losa). Se toma el mayor de los dos valores.

Para muros

Presión viento:



10 psf (libras por pie cuadrado) para no menos de 100 #/pie lineal aplicados en la parte superior.

ESFUERZOS PERMISIBLES PARA LA MADERA

Recomendación ACI 309

Para ciembras con un número reducido de usos, úsese los esfuerzos permisibles dados por los reglamentos para estructuras provisionales o para cargas de corta duración.

Para muchos usos, diseñe la ciembra como estructura permanente.

DEFLEXIONES

Se suelen limitar como sigue:

$$1/300 - 1/500$$

ó $1/16"$ para barras

$1/8" - 1/4"$ para otros elementos

Para elementos que van a humedecer durante el colado, úse se valores reducidos de E para el cálculo de deflexiones. Las reducciones son del orden de 50%.

CONTRAFLECHAS

Antes de colar las nivelas de la cimbrera deban ajustarse para tener una chanta:

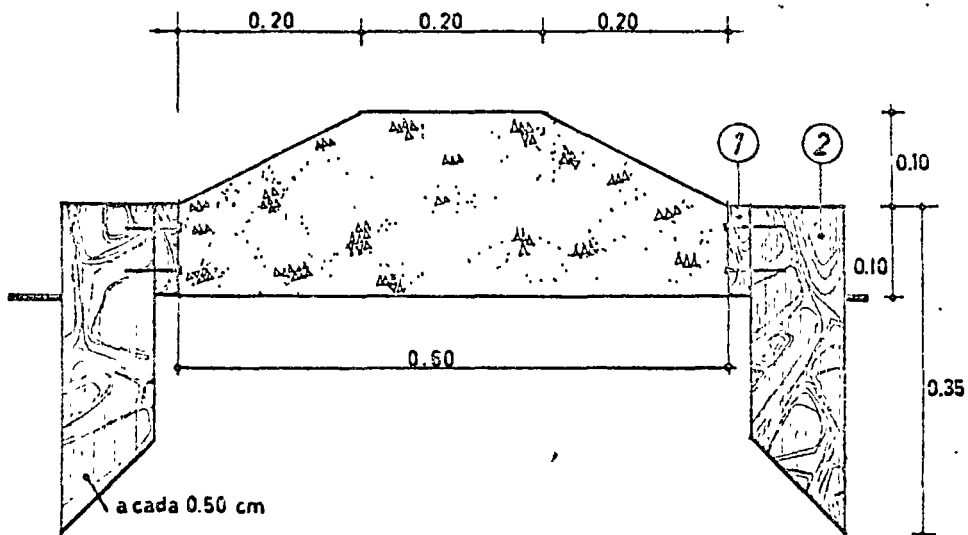
- a) Deformaciones y asentamientos de la cimbrera.
- b) Deformación probable de la estructura existente (instantánea y diferida).
- c) Deformación óptica de miembros perfectamente horizontales.

Reglas empóricas:

$1/8"$ por cada $10'$ de claro

$1/2000$ — $1/1000$

CIMBRAS PARA ZAPATAS Y TRABES DE CIMENTACION

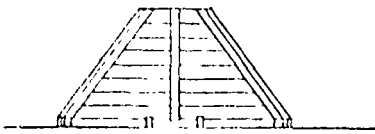
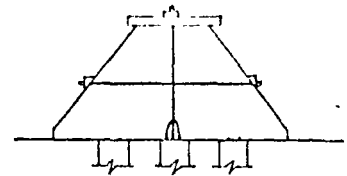
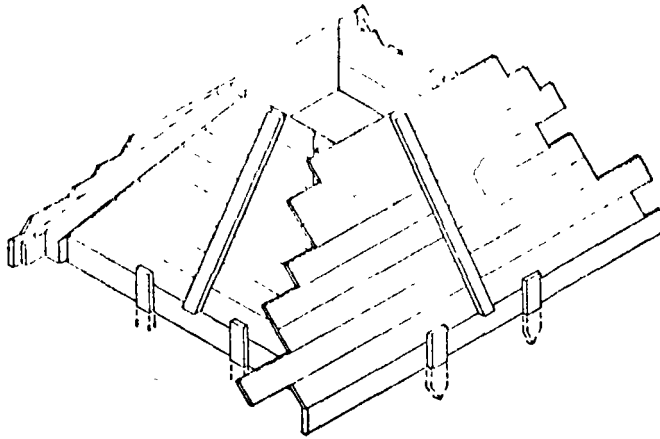


① DUELA 1"x4"

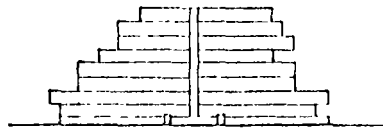
② YUGO 2"x4"
CLAVO 2 1/2" = 40 pza / m²

zapata de
peralte
variable

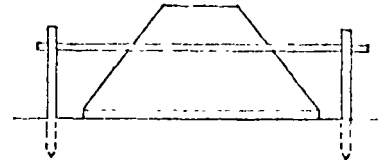
CIMENTOS PARA ZAPATAS Y MURAS DE CIMENTACION



END PANEL



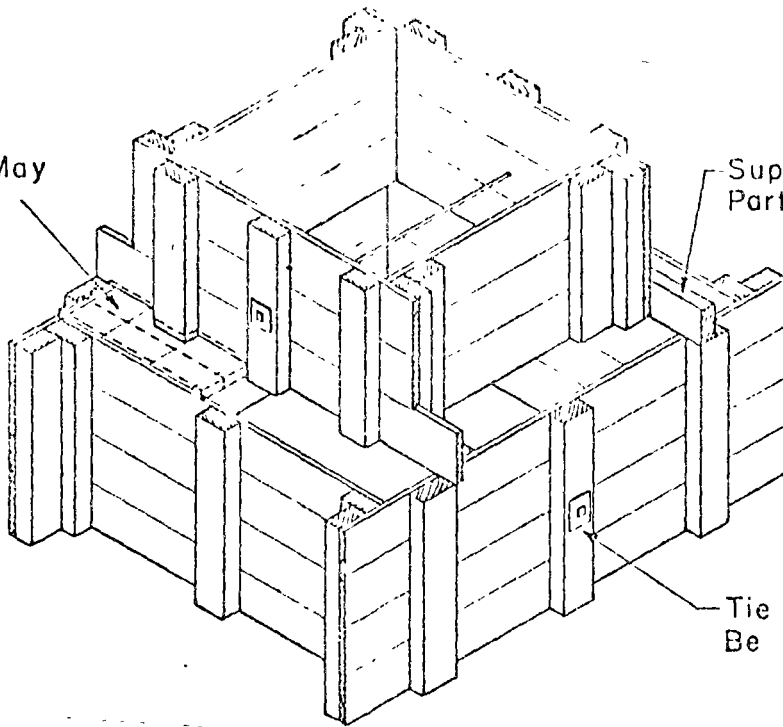
SIDE PANEL



zapatas de concreto
variable con
talud fuerte

CIMBRAS PARA
ZAPATAS
Y
TRABES DE
CONCRETO

Top Forms May
Be Needed -

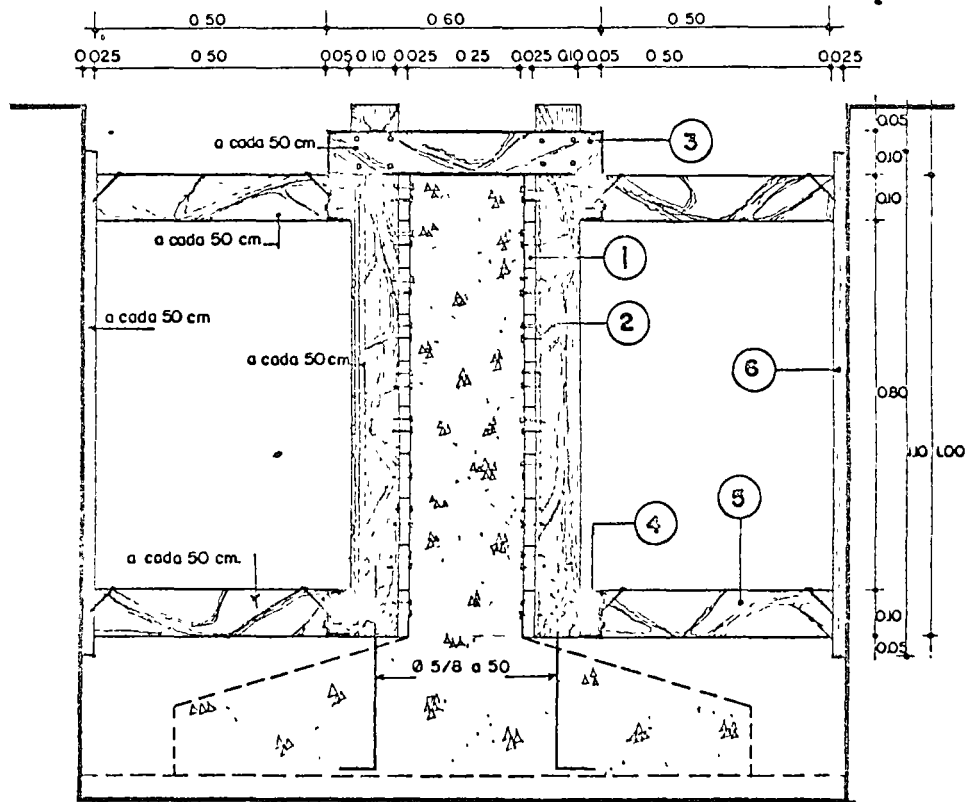


Support For Upper
Part of Form

Tie (Several May
Be Needed)

Zapata

CIMBRAS "PASAPALLO" CATAPAS Y TRABES DE CIMENTACION



① DUELA EN CONTACTO 1" x 4"

⑥ ARRASTRES 1" x 4"

② YUGOS 2" x 4"

clavos 2 1/2" 40 pz/m²

③ SEPARADORES 2" x 4"

clavos 3 1/2" 32 pz/m²

④ MADRINAS 2" x 4"

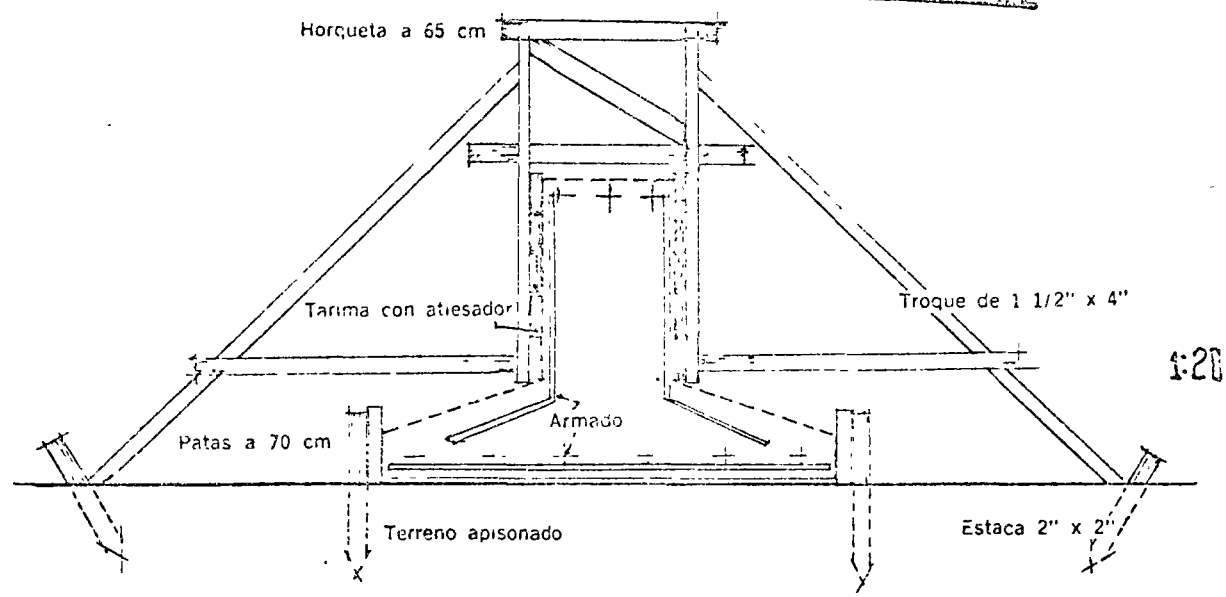
varillas Ø 5/8" 1.73 kg/m²

⑤ PIES DERECHOS 4" x 4"

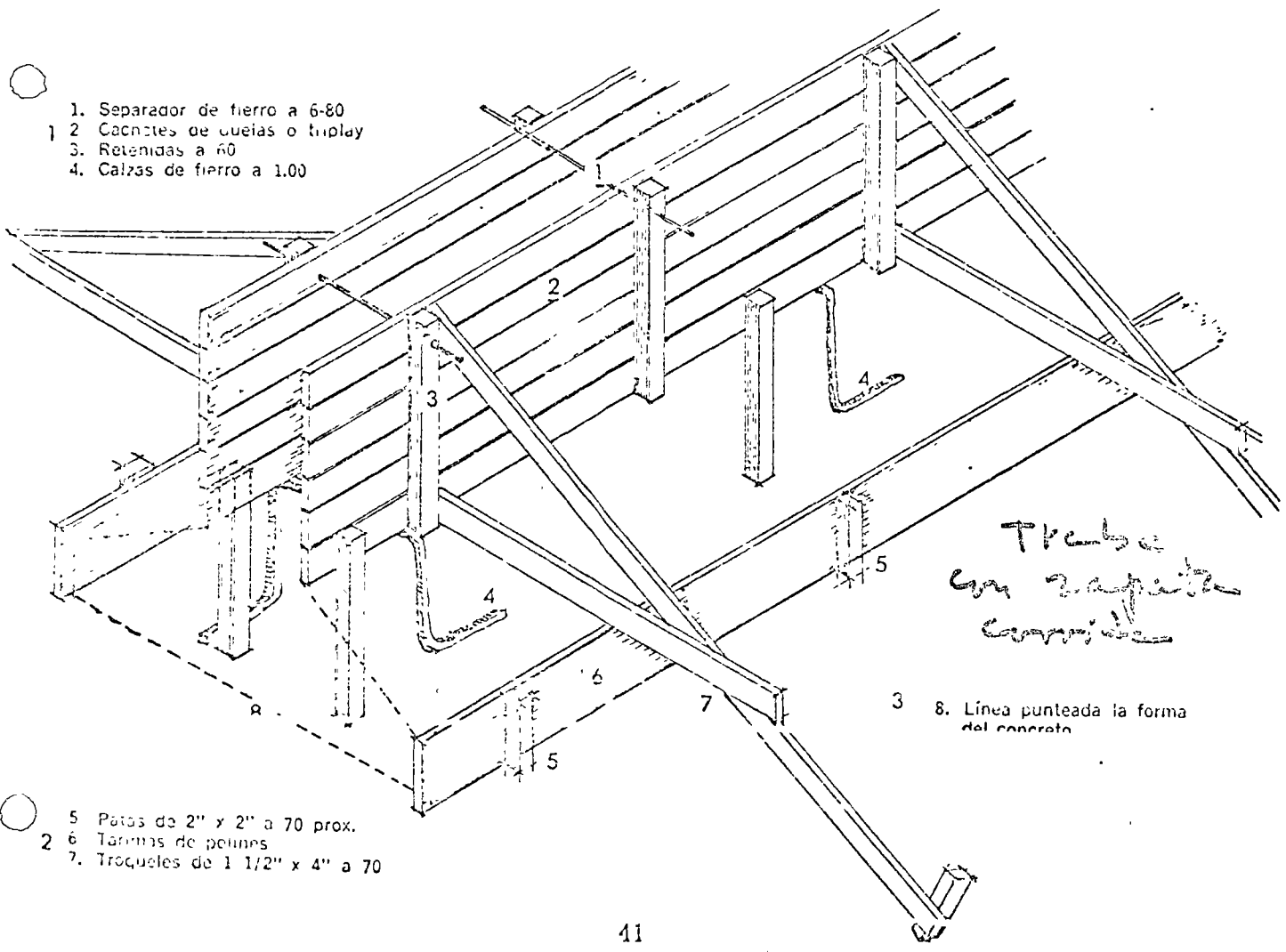
Trabe de cimentación

CONTRAFRASE

CIMBRAS PARA ZAPATAS Y TRABES DE CIMENTACION



ZAPATAS CORRIDAS

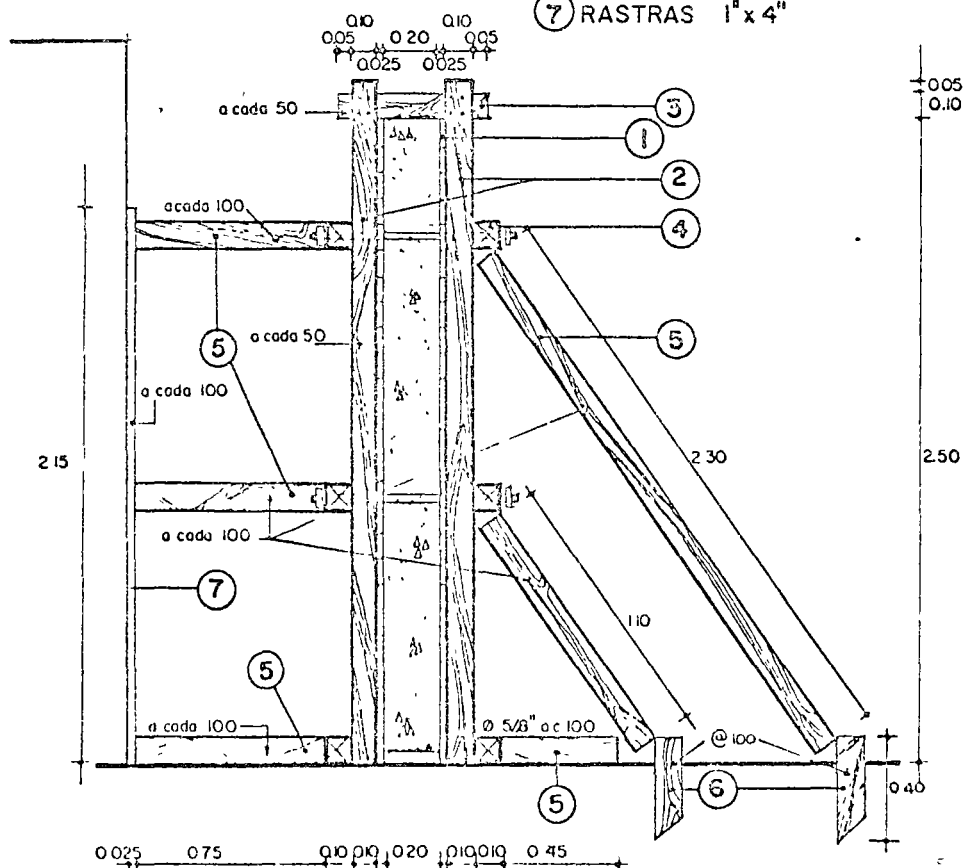


1. Separador de fierro a 6-80
2. Cachetes de cueilas o triplay
3. Retenidas a 60
4. Calzas de fierro a 1.00

Trabe
con zapata
corrida

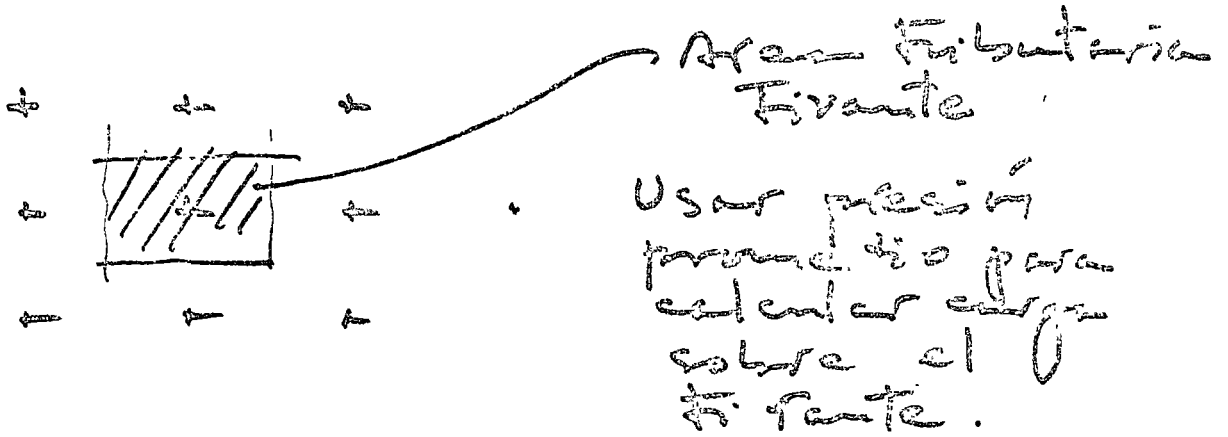
5. Patas de 2" x 2" a 70 prox.
6. Tarimas de pines
7. Troqueles de 1 1/2" x 4" a 70

- 3
8. Línea punteada la forma del concreto



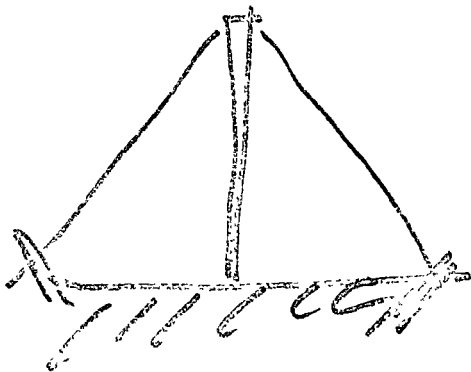
CIMBRAS PARA
MURLOS

DISEÑO TIRANTES

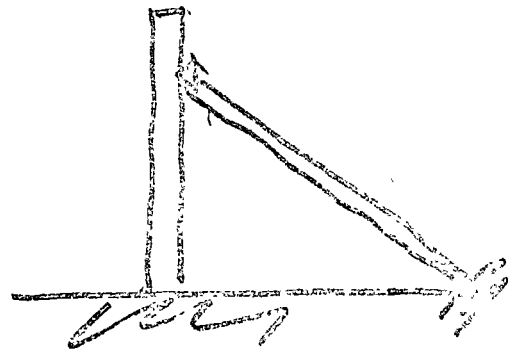


RIGIDIZAG 014 PAND
FUTERZAS LATERALES

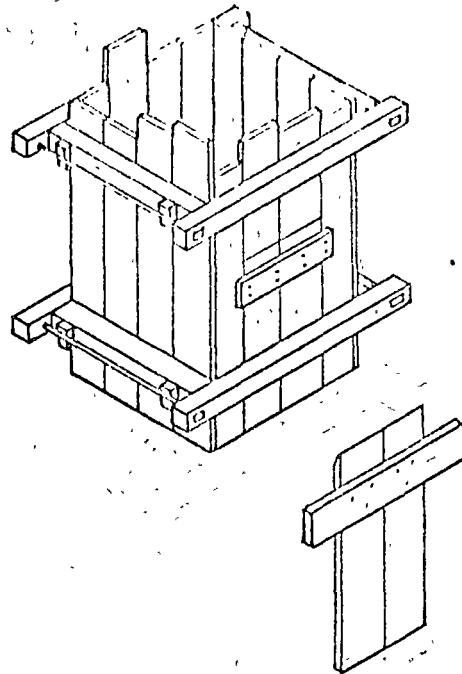
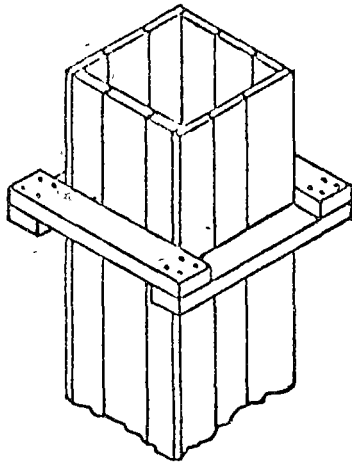
Cur chamber
o chamber



25

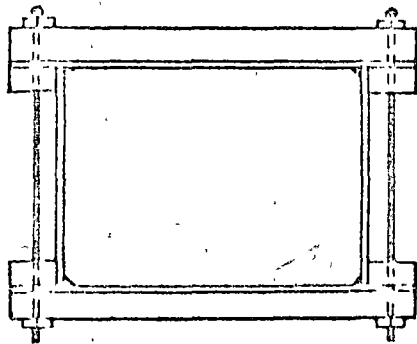


CIMBRAS PARA COLUMNAS



CASE 1 All wood with wooden yokes

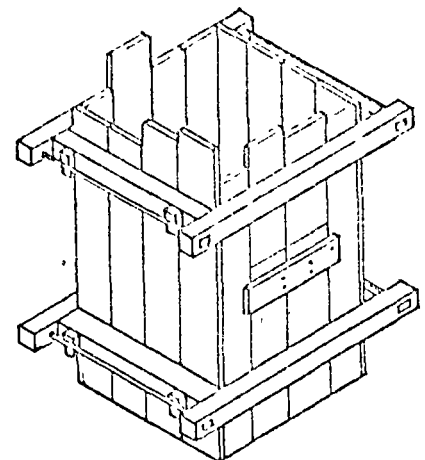
- A. Check support requirements of sheathing
- B. Investigate combined bending and axial load in each component of yoke.



CASE 2 Plywood with combination wood and tie bolt yoke

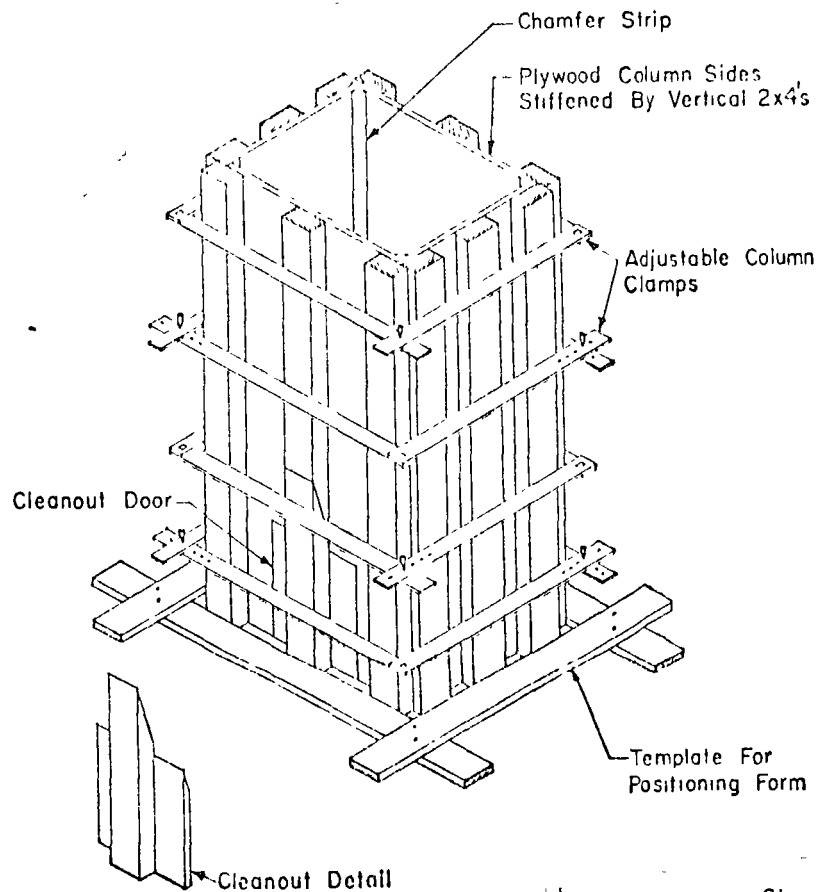
- A. Check support requirements of sheathing.
- B. Investigate combined bending and axial load in wood yokes, investigate tension in rod or chain member.

9-58 Column formed with board sheathing, using wood and bolt yoke: wedging between bolt and side panel batten to tighten form.



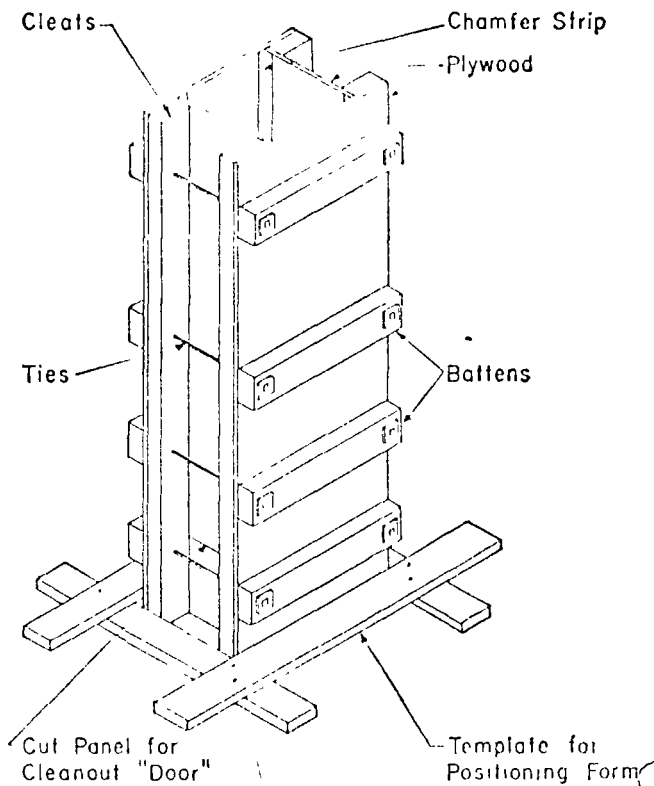
Various tipos de
cimbrados para
columnas

CIMBRAS PARA COLUMNAS.



*cambrera
con 2x4's
metálicas*

*cambrera
de triplay*



9-56 One method suitable for forming light columns, up to about 12x12 in. Plywood is backed by battens which are a part of the wood and bolt column yoke.

CIMBRAS PARA COLUMNAS

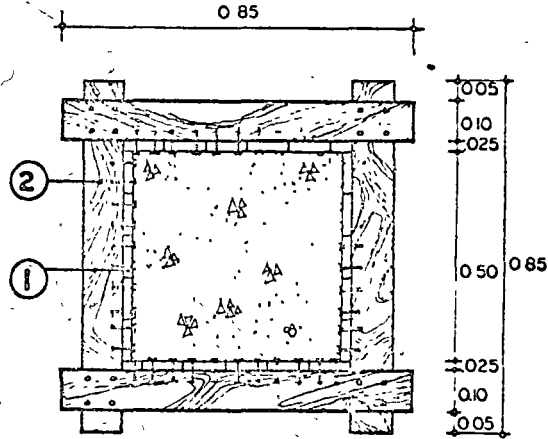
CIMBRA EN COLUMNAS

8 m²/m³

sección 50 x 50 cm

volumen de concreto 0.25 m³/ml

relación 8 m²/m³



① DUELA EN CONTACTO 1"x4"

② YUGOS 2"x4"

③ PIES DERECHOS 4"x4"

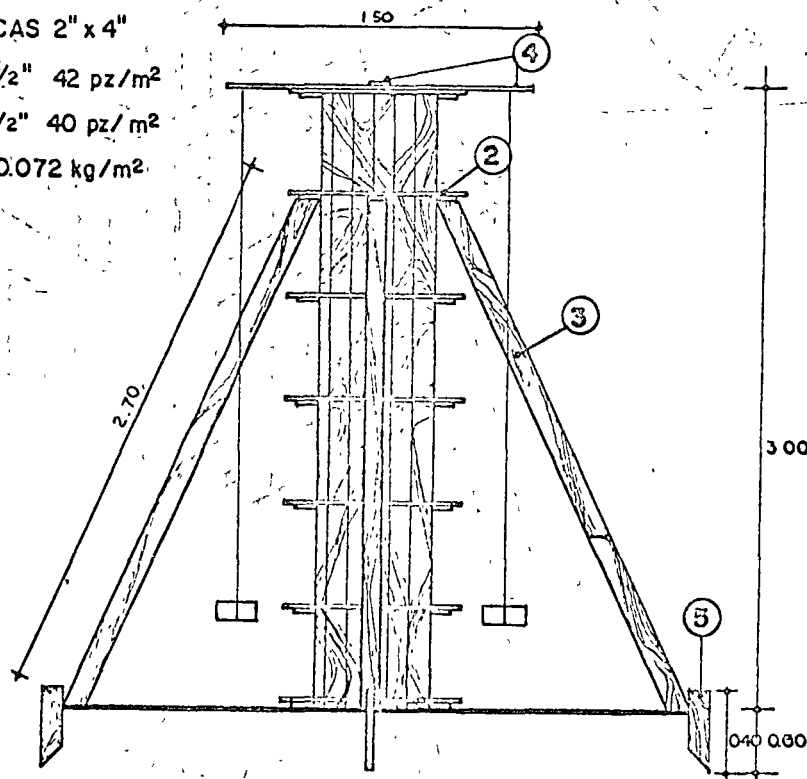
④ PLOMÓS 1"x4"

⑤ ESTACAS 2" x 4"

clavo 2 1/2" 42 pz/m²

clavo 3 1/2" 40 pz/m²

alambre 0.072 kg/m²

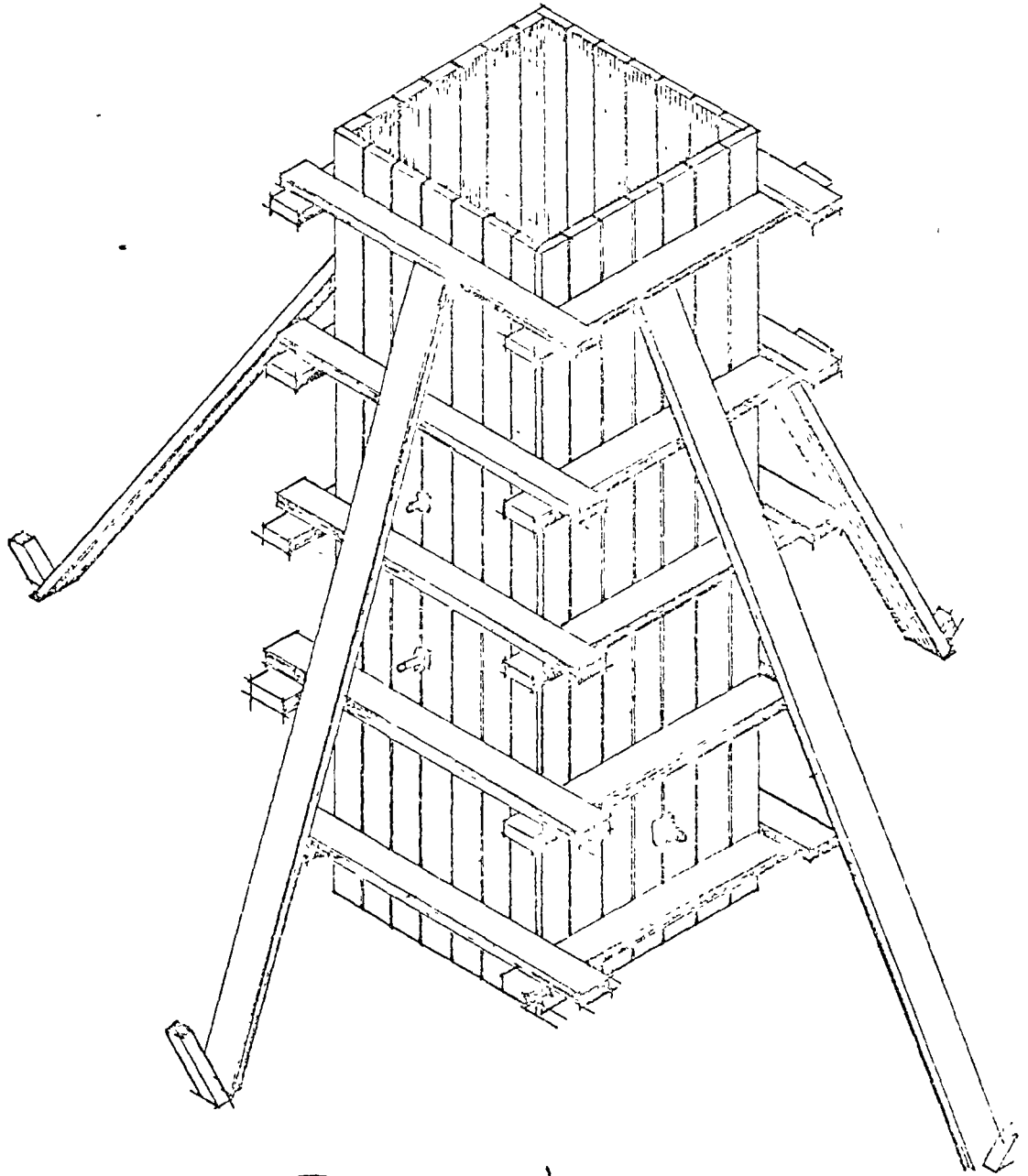


Planes y vistas
de cimbra
para columnas

n) COLUMNA

CIMBRAS PARA COLUMNAS

Cachetes o moldes
o
Costados de triplay
o duela 1 1/2" x 4"
Puntal o contraventeo
o tirantes
Yugos a 0.50
Estacas



Separadores
de fierro a 0.80
Se plomea la
cimbra bajando un
peso por un extremo

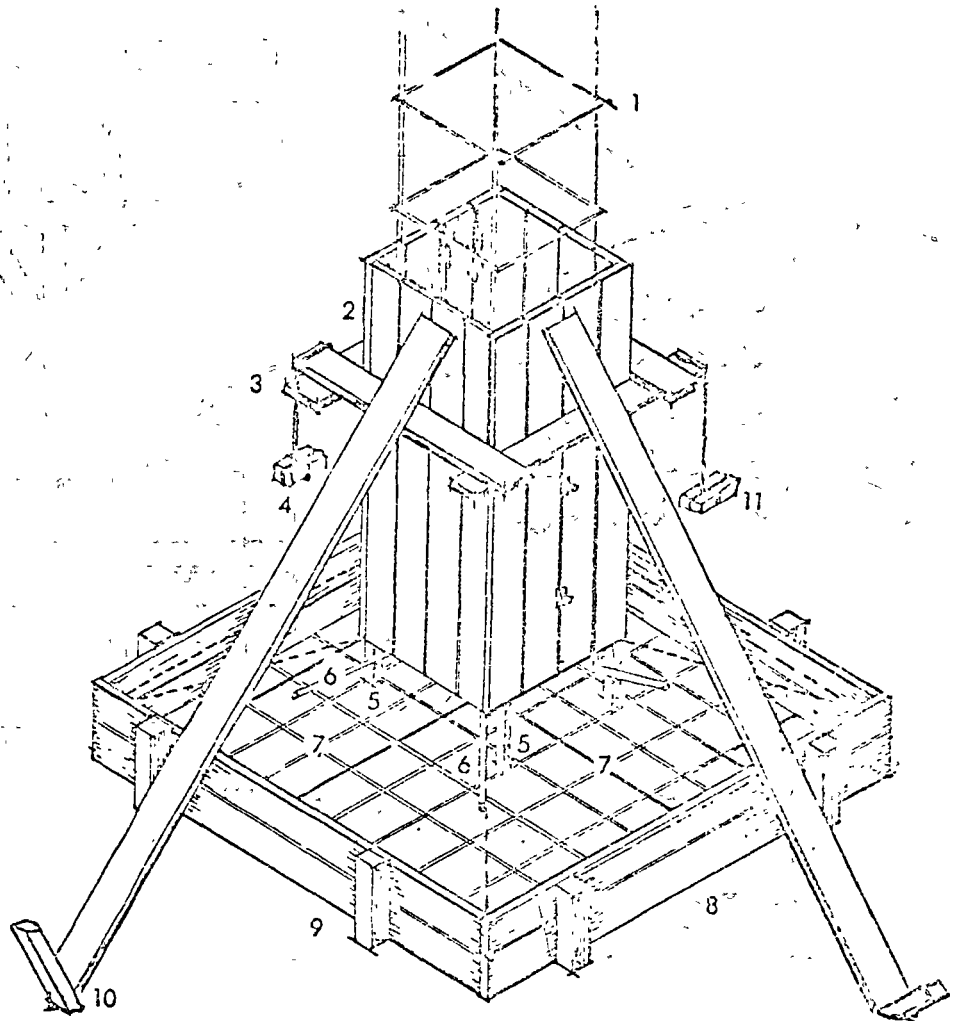
Perspectiva
cimbra columna

CIMBRAS PARA COLUMNAS

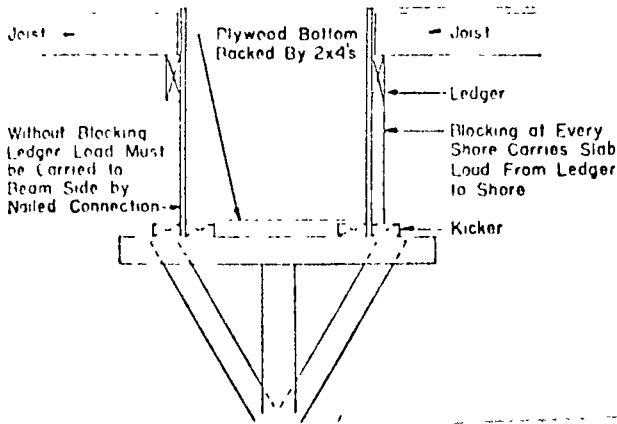
Columna y zapata aislada

1) COLUMNAS AISLADAS

1. Armado de la columna
2. Cachetes de duela o triplay 1"
3. Yugos a 0.50
4. Patales, contravientos
5. Calzas de fierro
6. Doblés del armado para amarrar
7. Emparrillado de zapata
8. Cachetes de duela o polines
9. Patas
10. Estacas
11. Plomos, alambrrn y tabiques para planear la columna.

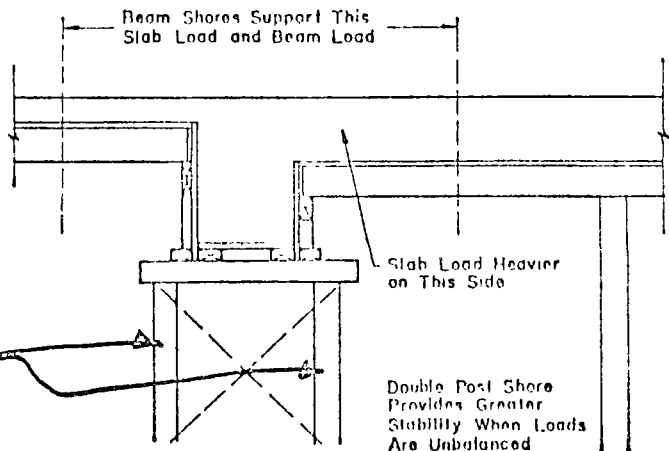
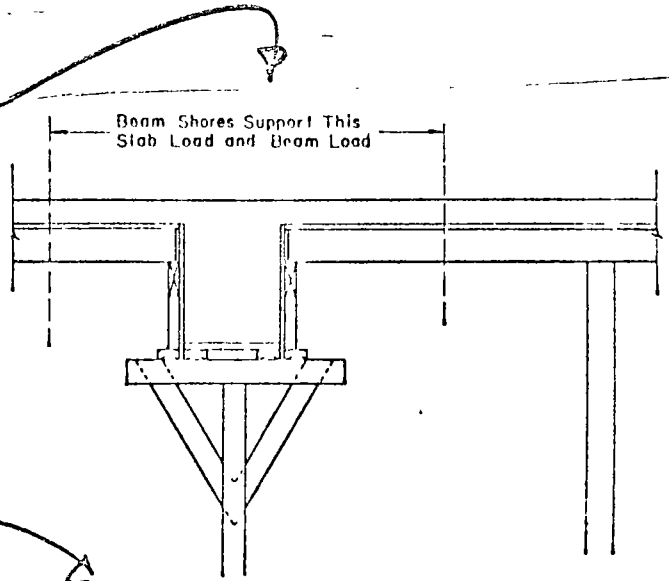


CIMBRAS PARA TRABES



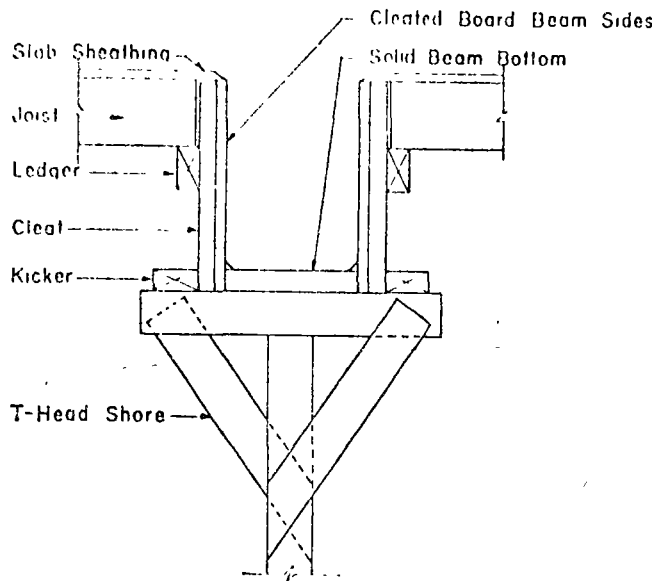
Cimbra
Típica
para trabe

Debe determinarse qué parte de la carga cargarán los pies derechos de la trabe

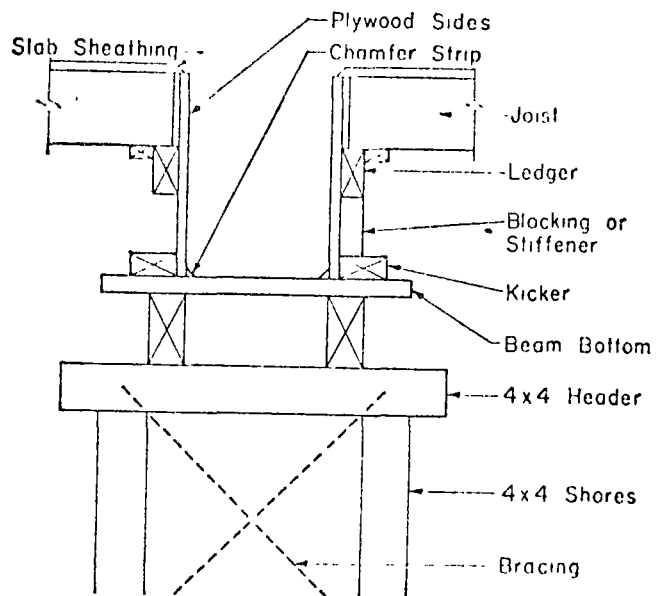


El doble pie derecho proporciona mayor estabilidad.

CIMBRAS PARA TRABES



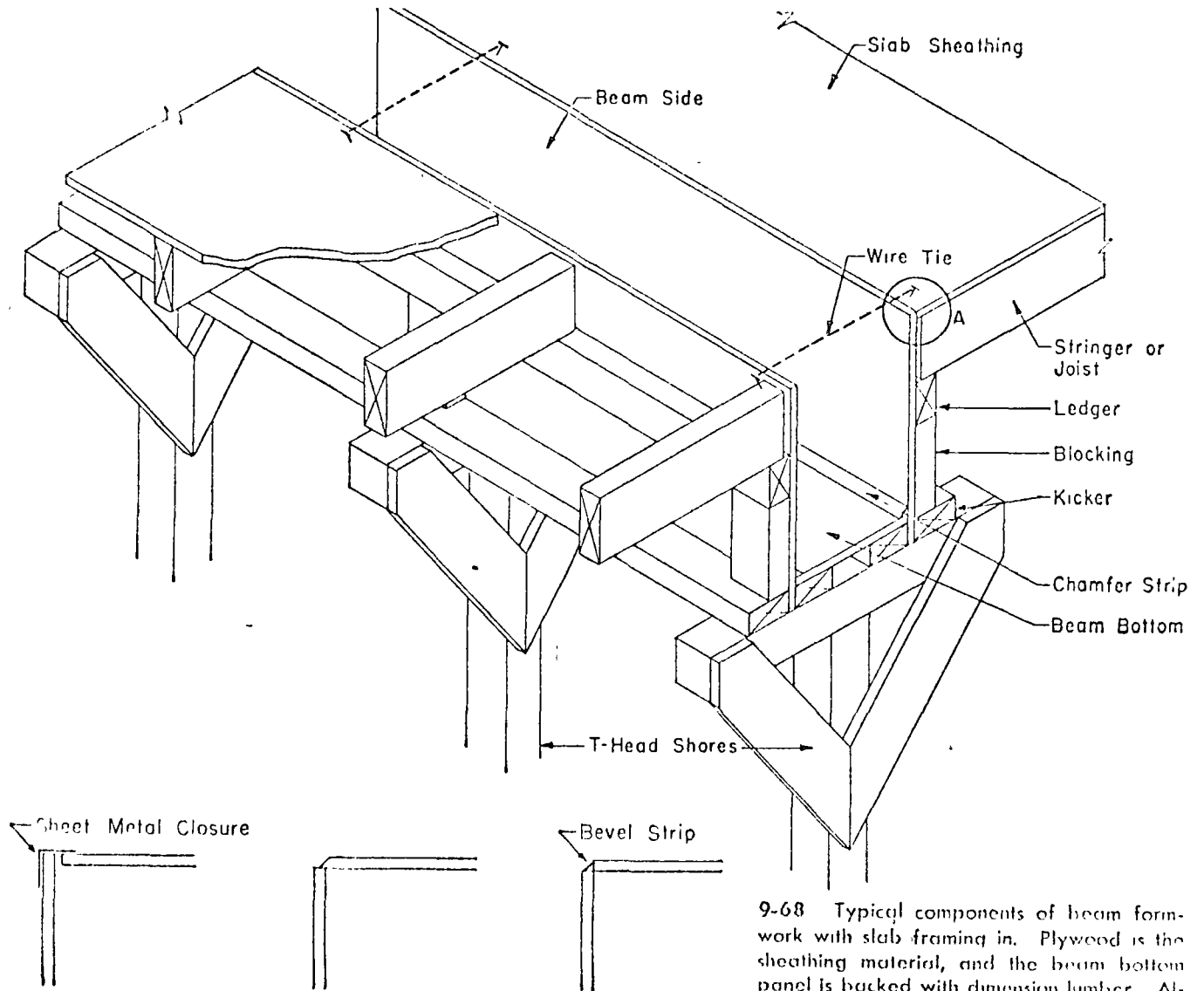
9-69 Beam form details when cleated boards serve as beam sides and beam bottom is a solid piece of dimension lumber



9-70 Another less common beam forming method. Beam sides rest on beam bottom, which is carried on stringers resting on double post shores. This design permits wider shore spacing and offers resistance to tipping when loading is unbalanced.

Ejemplos de
cimbras
para vigas

CIMBRAS PARA TRABES



ALTERNATE DETAILS AT "A"

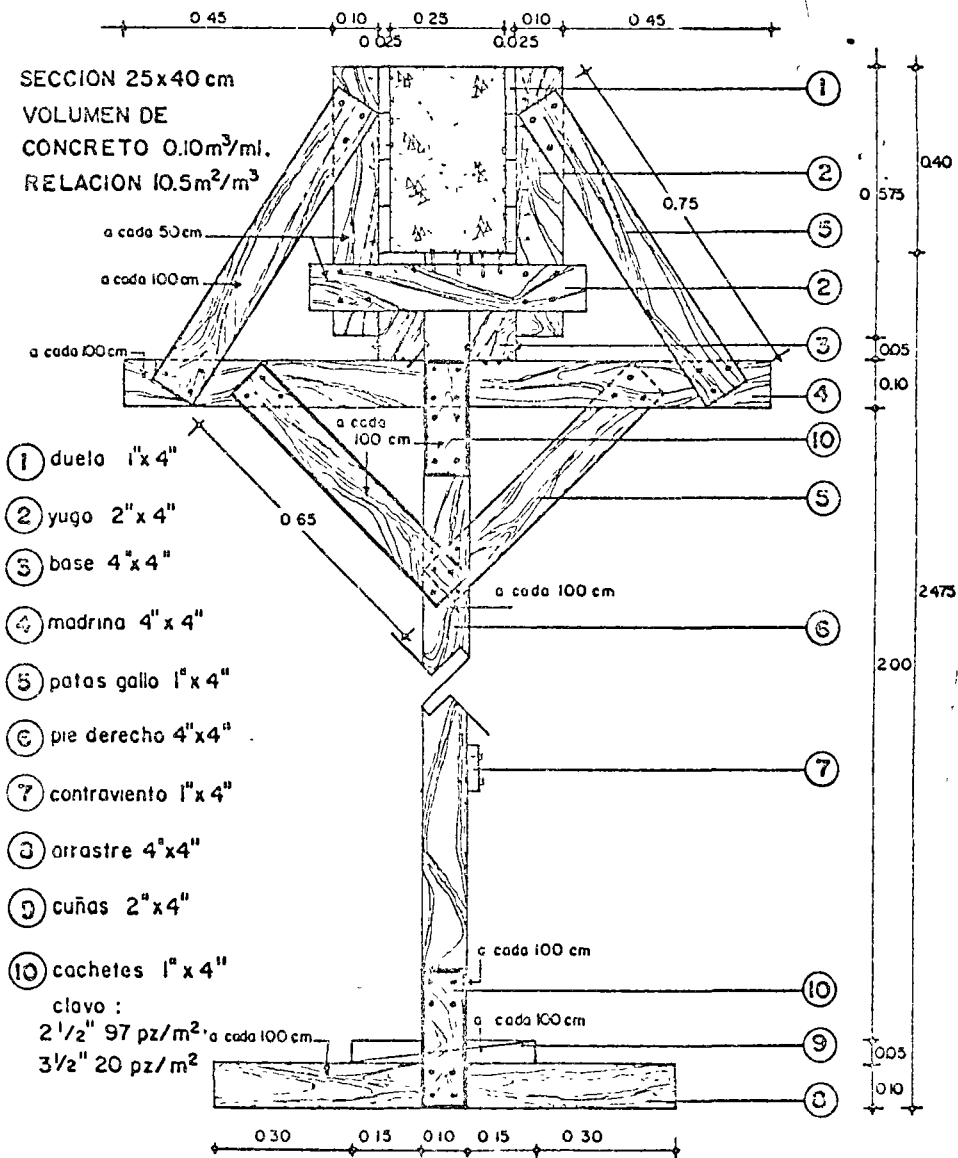
9-68 Typical components of beam formwork with slab framing in. Plywood is the sheathing material, and the beam bottom panel is backed with dimension lumber. Alternate details show different treatments of the form at beam-slab intersection.

Detalles cimbrado trabe

CIMBRAS PARA TRABES

CIMBRA EN TRABES

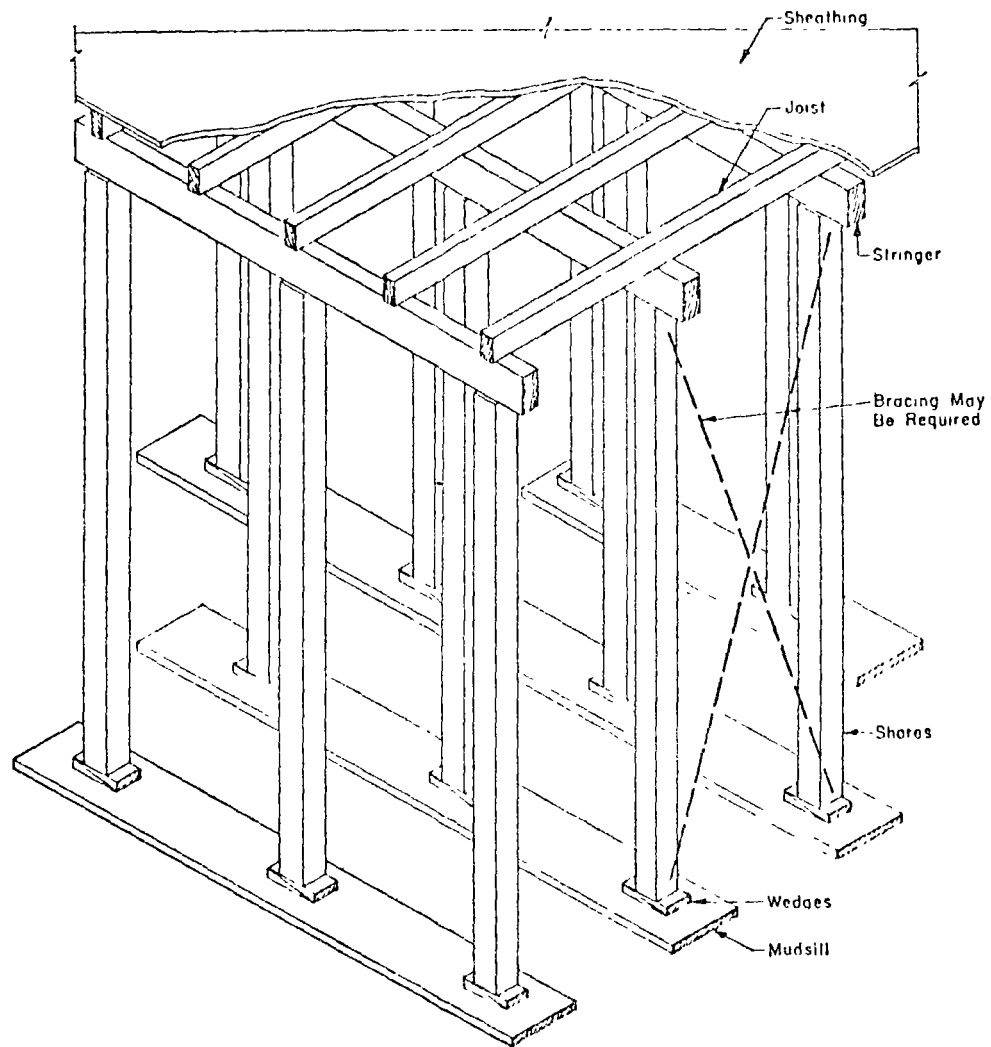
10.5 m²/m³



Cimbra para traves
 lencas

CIMBRAS PARA LOSAS

12



Elementos cimbrado
losa plana

CIMBRAS PARA LOSAS

CIMBRA EN LOSAS 20 A 10 M²/M³

$W_M = 220$ a 240 kg/m²

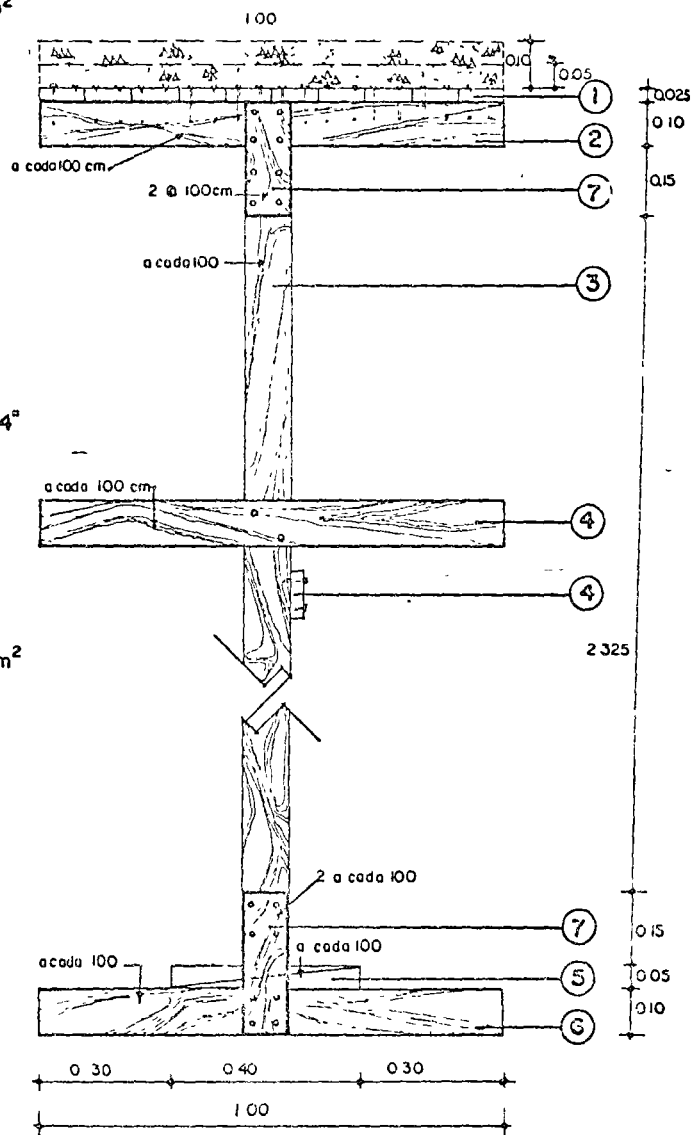
VOLUMEN CONCRETO

005 a 010 M³/M²

RELACION 20 a 10 M²/M³

- ① DUELA 1"x4"
- ② MADRINA 4"x4"
- ③ PIE DERECHO 4"x4"
- ④ CONTRAVIENTO 1"x4"
- ⑤ CUÑAS 2"x4"
- ⑥ ARRASTRES 4"x4"
- ⑦ CACHETES 1"x4"

clavo 2 1/2" 56 pz/m²



CIMBRAS PARA LOSAS 3

CIMBRA DE LOSAS CON TARIMAS

50 X 100 cm.

WM 240 a 480 kg/m²

VOLUMEN DE CONCRETO

0.10 a 0.20 m³/m²

RELACION 20 a 10 m²/m³

① DUELA 1" x 4"

② BARROTES 2" x 4"

③ MADRINAS 4" x 4"

④ PIE DERECHO 4" x 4"

⑤ CONTRAVIENTO 1" x 4"

⑥ CUNAS 2" x 4"

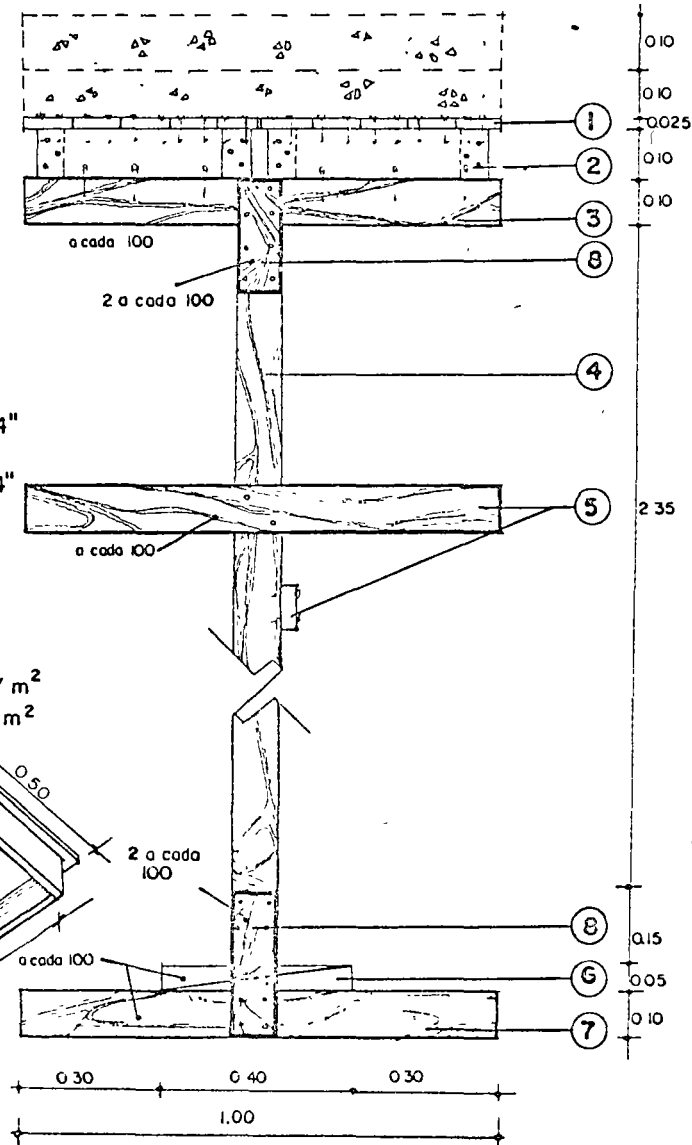
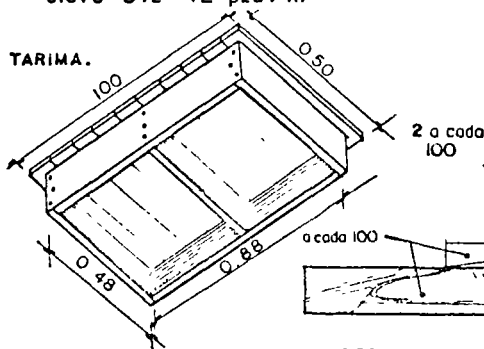
⑦ ARRASTRES 4" x 4"

⑧ CACHETES 1" x 4"

clavo 2 1/2 128 pza / m²

clavo 3 1/2 42 pza / m²

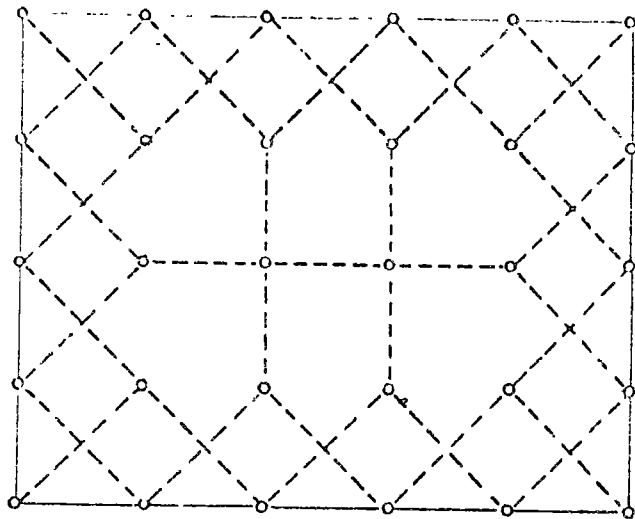
TARIMA.



RIGIDIZACION SISTEMAS FORMWORK FOR CONCRETE DE CIMENTOS

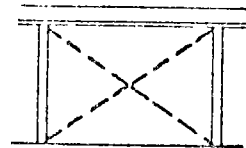
PARA LOSAS

6-9 Braced bays; no exterior guy, or anchors needed. Bays marked with dashed X-lines have complete X-bracing system on vertical lines in both directions as well as horizontal X-bracing. Distance between braced bays depends on size of bay, weight on form, height of form, live load, etc. Center shores tied in with strut bracing.

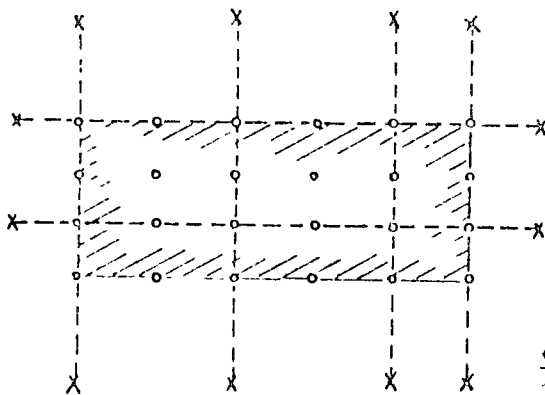


PLAN

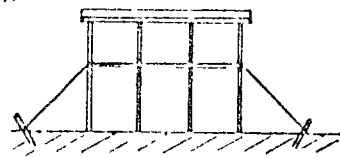
o-Temporary Shore



ELEVATION



PLAN

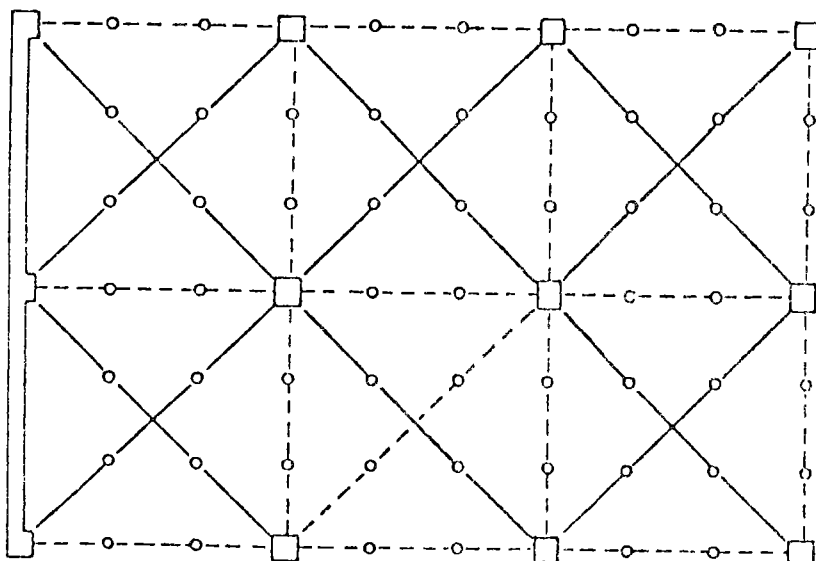


ELEVATION

6-10 Braced lines. Distance between braced lines depends on height of form, size of bay, etc. X's mark either dead men or existing concrete for anchorage. Bracing lines may be struts only for short heights; X-brace for spliced shores.

▣ -Slab Area

o -Temporary Shore

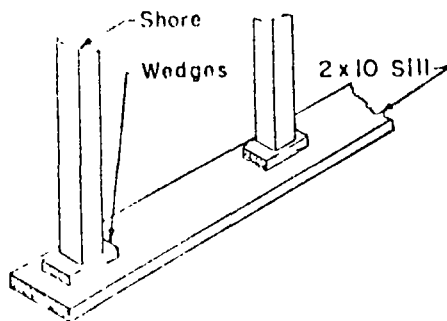


▣ Concrete Column

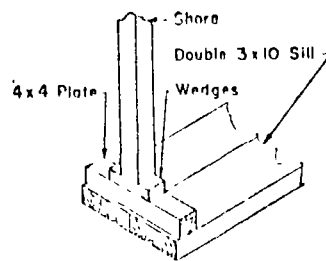
o Temporary Shore

6-11 Use of completed columns or walls for bracing. Dashed lines indicate one line of strut braces to columns cast earlier. Solid lines represent X-bracing also tied into existing columns. Intermediate lines are needed if shores are spliced.

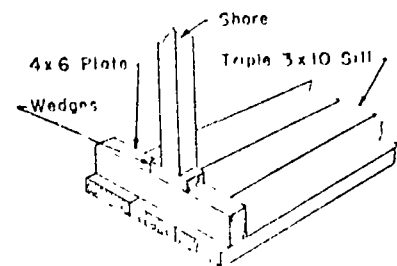
PIES DERECHOS,



TYPICAL MUDSILL
GOOD SOIL BEARING



SPREAD SILL
FAIR SOIL BEARING



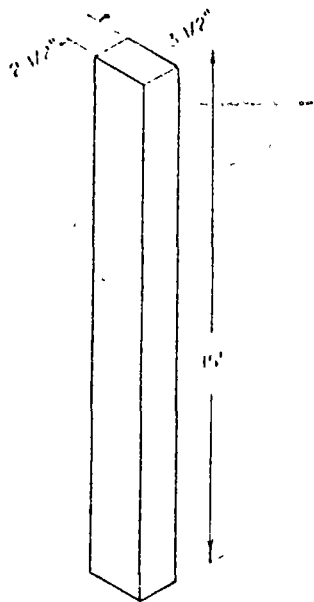
SPREAD SILL
POOR SOIL BEARING

9-98 Wood mudsills, showing spread types for fair and poor bearing

Apoyon pies derechos

PIES DERECHOS

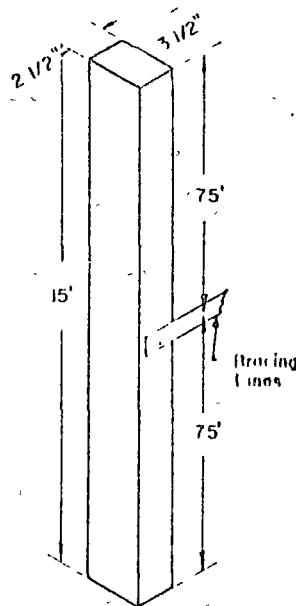
15



When neither face is braced use smaller d .

$$l/d = \frac{15 \times 12}{2\frac{1}{2}} = 72.0$$

This exceeds limit of 50 so this shore could not be used without added bracing.



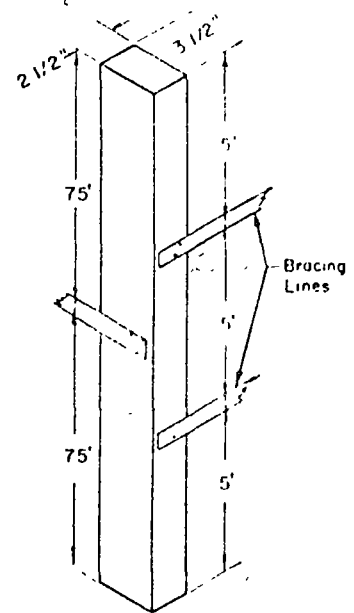
In plane parallel to narrow face

$$l/d = \frac{7.5(12)}{2\frac{1}{2}} = 36.0$$

In plane parallel to wider face

$$l/d = \frac{15(12)}{3\frac{1}{2}} = 51.4$$

This exceeds limit of 50 so bracing is needed in this plane.



In plane parallel to narrow face

$$l/d = \frac{5 \times 12}{2\frac{1}{2}} = 24.0$$

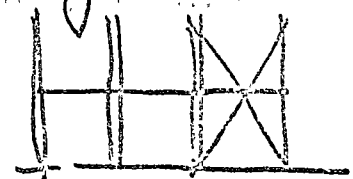
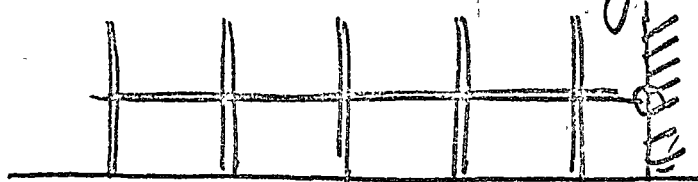
In plane parallel to wider face

$$l/d = \frac{7.5 \times 12}{3\frac{1}{2}} = 25.7$$

The larger ratio governs.

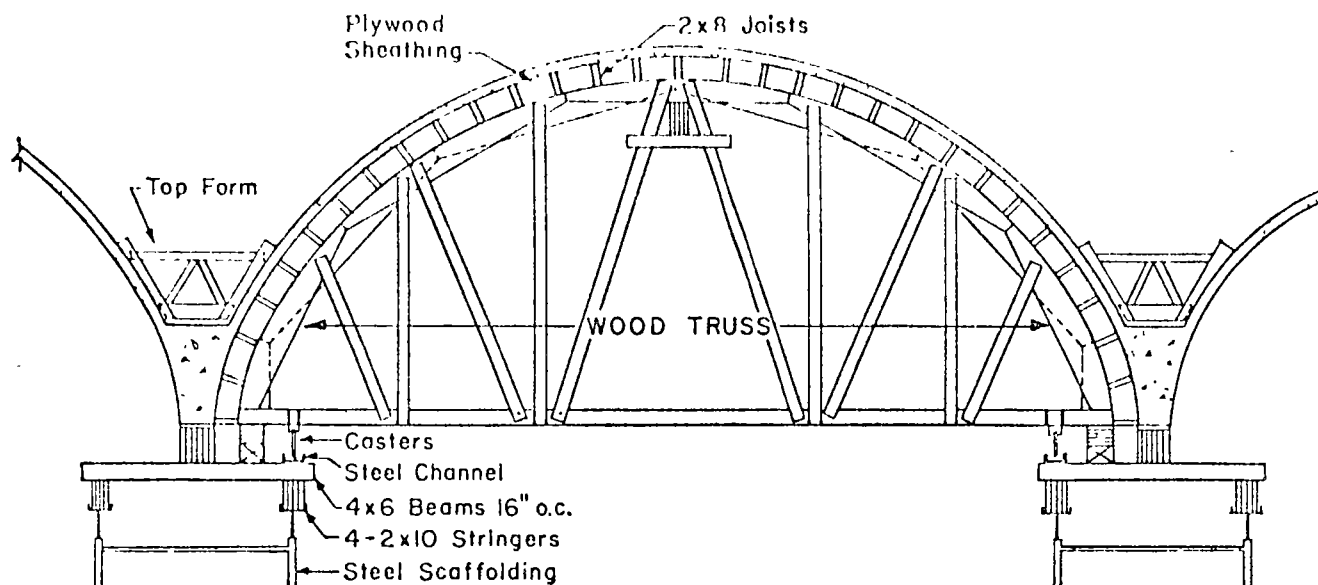
6-6 Determination of l/d ratio for a 3x4 S4S with different bracing plans

La rigidización transversal debe anclarse en algo rígido.



Los pies derechos se anclan calculados como columnas articuladas con carga axial. El hecho de que los apoyos no son propiamente articulaciones hace que esto sea conservador.

CIMBRA CASCARON CILINDRICO

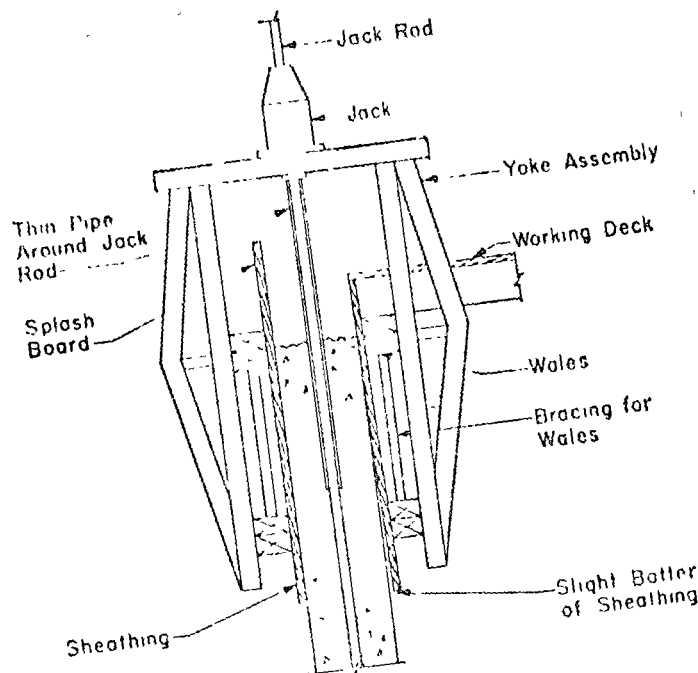
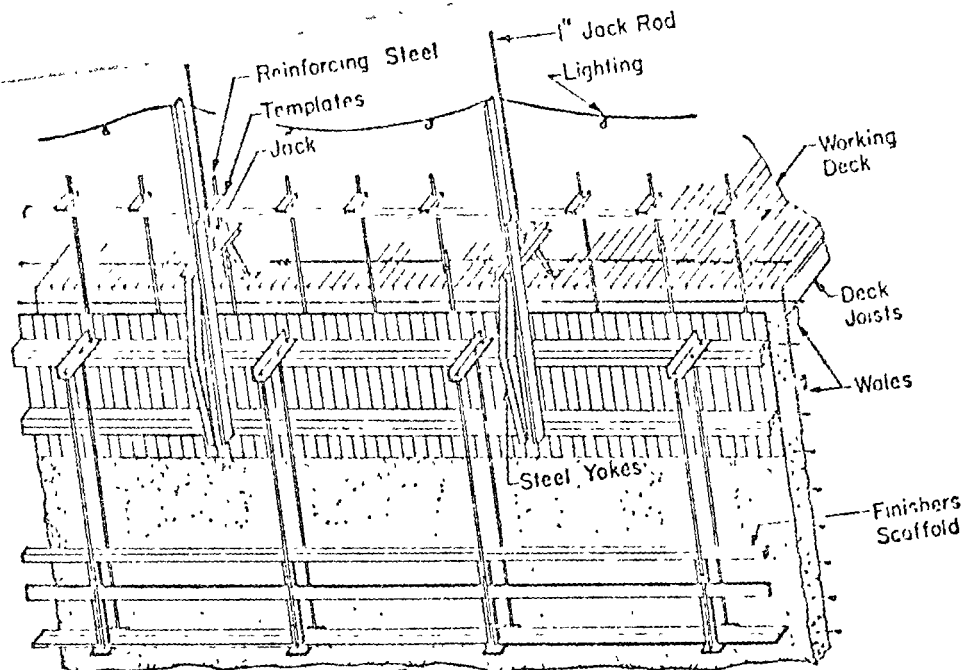


12-9 Cross section through shell roof, indicating the construction of forms shown in 12-8. The 2x8 joists resting on bowstring trusses supported plywood sheathing bent to curvature of the shell.

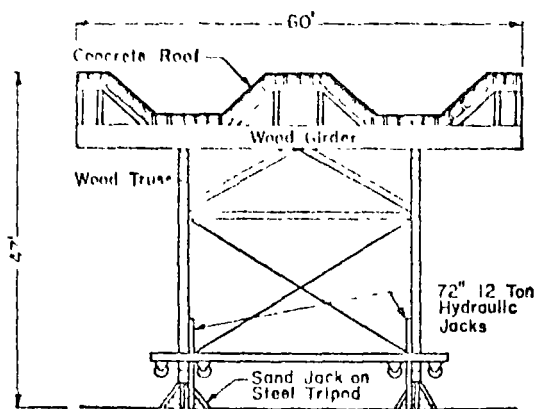
CIMBRA DESLIZANTE

47

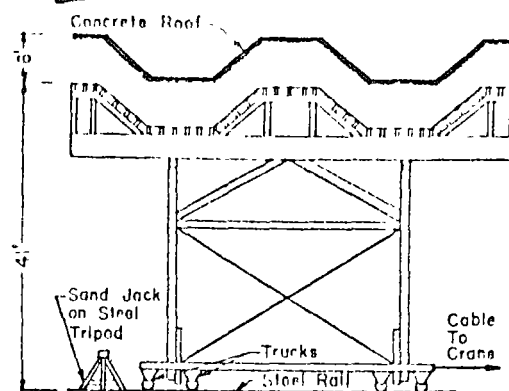
15-4 Typical slip form with deck and finishing scaffold supported on wales. Templates for positioning reinforcing bars are indicated.



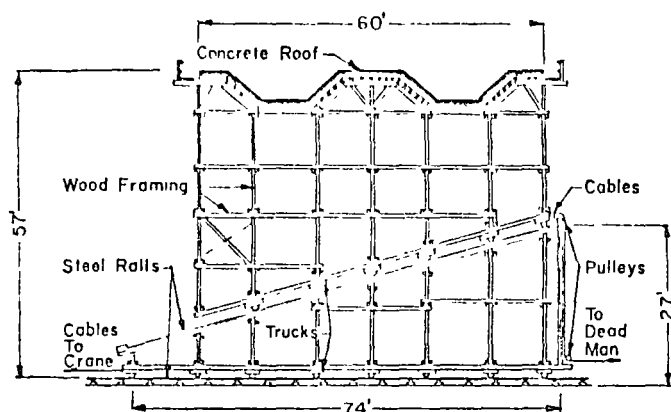
15-5 Cross section (schematic) of slip form. If the jack rod is to be salvaged, a thin pipe encasing the rod, attached to yoke or jack, moves up with the forms and prevents bonding of the rod to concrete. This leaves the jack rod standing free in a hole in the hardened concrete and it can be pulled when the slide is completed. Slight batter of sheathing helps to make the forms self clearing.



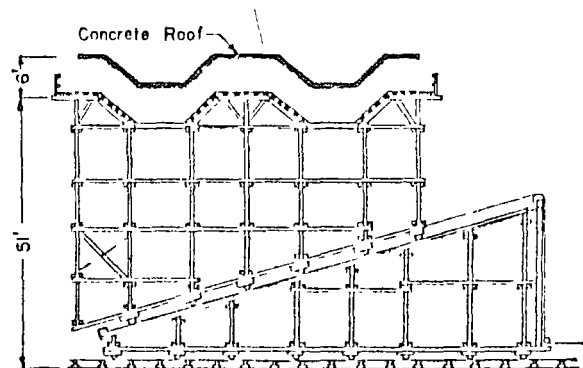
FORMS UP



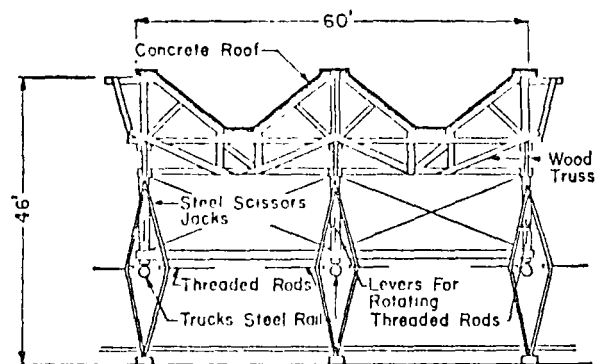
FORMS DOWN



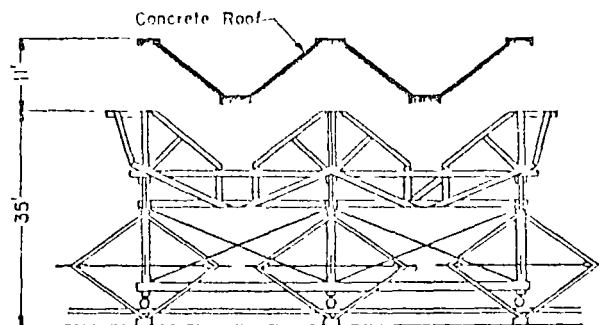
FORMS UP



FORMS DOWN



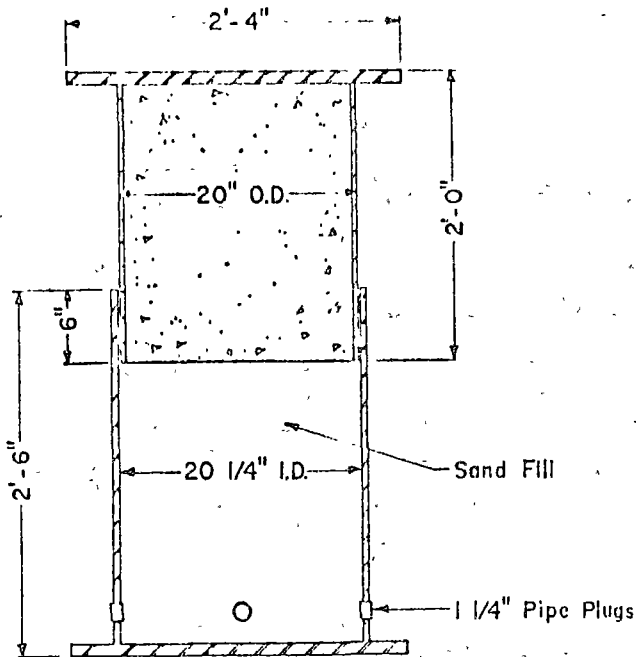
FORMS UP



FORMS DOWN

15-19 Traveling formwork designs vary widely, as shown by three different methods of vertical form movement for essentially similar folded plate hangar roofs. TOP—Glue-laminated wood falsework was raised 6 ft with 12-ton hydraulic jacks, one on each of eight columns, then shored on tripods during concrete placement. Forms were lowered the same way, except that the first 4½ in. of drop was made by draining sand jacks atop the tripods. CENTER—Wood framed traveler made in two parts with an inclined plane as the common face between top and bottom sections. To raise the roof forms 6 ft, the bottom section was forced under the top section which was guyed to prevent lateral motion. BOTTOM—Wood falsework raised and lowered about 12 ft with scissors jacks which carry total load including fresh concrete when the forms are up. With forms down, the structure rests on wood posts and jacks hang free. (Reprinted from *Engineering News-Record*, 1958, McGraw-Hill Publishing Co., Inc.)

GATO DE ARENIL



9-102 Sand jack consists of concrete-filled piston and sand-filled cylinder. Useful for slowly lowering heavy loads; motion can be stopped by replugging holes at the base.

CAUSAS DE FALLAS DE CUBRAS Y RECOMENDACIONES PARA EVITARLAS

1. Descimbreado prematuro.
2. Espaciamiento excesivo de soportes verticales.
3. Arriostreimiento o rigidez inadecuados. Conviene usar diagonales para lograr triangulación, combinadas con arriostreimiento horizontal.
4. Falta de verticalidad de los elementos verticales.
5. Apoyos en suelos malos.
6. Concreto, mal colocado de la colocación del concreto.
7. Detalles incorrectos (clavos insuficientes, etc.)

Para evitar fallas:

- 1.- Mantener supervisión competente durante construcción de cubra y columnas.
- 2.- Vigilar que el concreto se coloque con la rapidez y en la secuencia prevista en el diseño.
- 3.- Colar las columnas un día antes que la losa.

CONSIDERACIONES SOBRE LA ECONOMÍA EN CIMBRAS

La economía de una cimbra depende de la colaboración entre el constructor, el ingeniero y el arquitecto.

RECOMENDACIONES PARA EVITAR CIMBRA CARA

1. Usar dimensiones de columnas y vigas ajustadas a las medidas de las maderas disponibles.
2. Estandarizar tamaños y formas.
3. Escoger apropiadamente de columnas y alturas de entrepiso que faciliten el uso múltiple de moldes. (Ejemplo del tul play.)
4. Evitar formas estructurales complicadas.
5. Evitar salientes.

REFERENCIAS

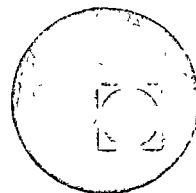
M. K. Hurd, "Formwork for Concrete",
Revised 3rd edition, 1973, ACI SP4,
American Concrete Institute, Detroit, 1973.

J. G. Richardson, "Formwork notebook",
Cement and Concrete Association,
Wexham Springs, Slough, SL3 6PL

A. E. Wynn, "Design and Construction
of Formwork for Concrete Structures",
ultima edición, Concrete Publications
Limited, London, 1956.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PROYECTO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS EN MADERA.

ING. JOSE H. OSIO.

TIMBER TRUSSES

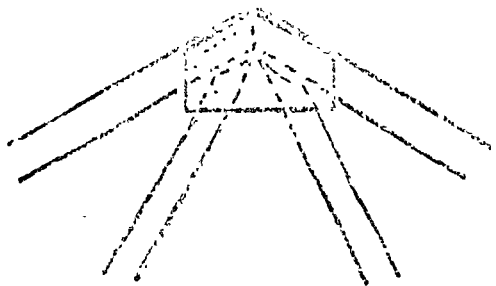
H. O. O'Neil

TYPES OF JOINT

A Members in same plane (with gusset plate)

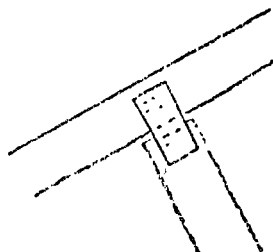
1. Plywood gusset +

1. Nails
2. Screws
3. Glue
4. Glue + nails
5. Glue + screws
6. Glue + bolts
7. Bolts)less
 -)likely
8. Connectors)



2. Metal gusset plate +

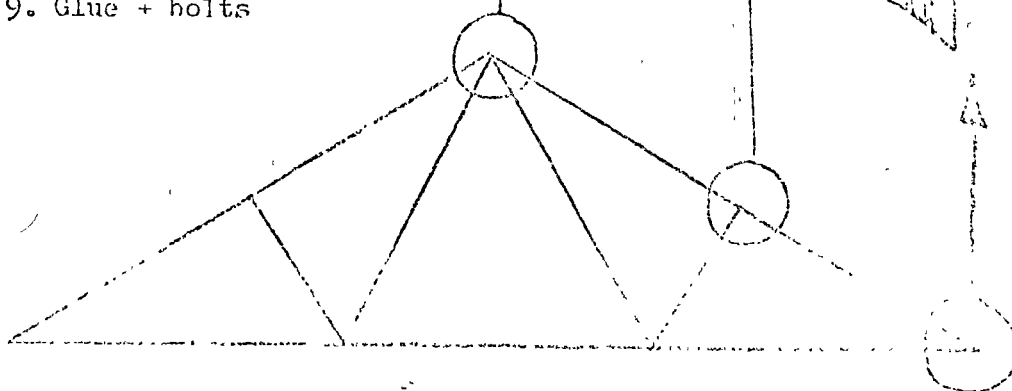
1. Nails
2. Bolts
3. Single sided toothed-plate connectors
4. Shear plates
5. Screws
6. Glue)less likely



3. Metal plate with integral teeth (Gang nail, Hydro Air, etc)

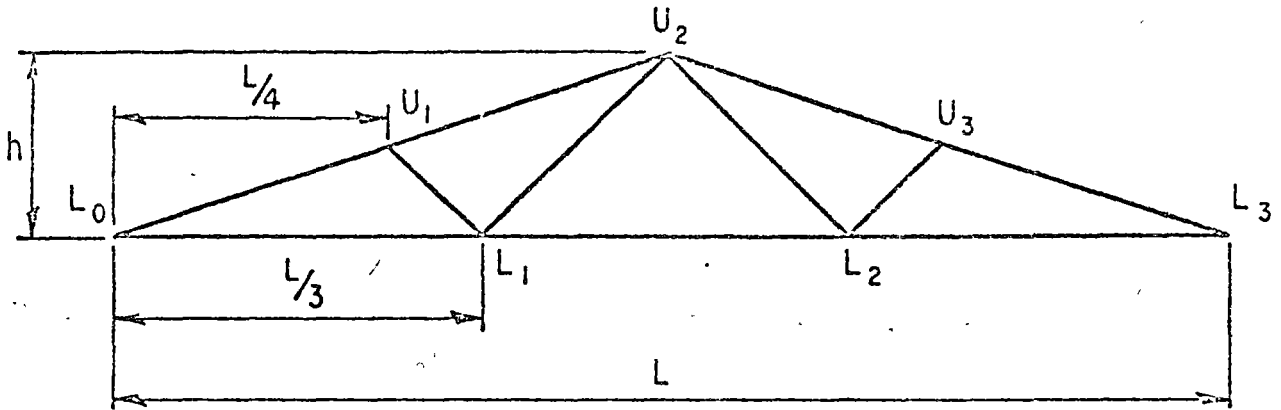
B Members in different planes

1. Nails
2. Screws
3. Bolts
4. Toothed-plate connectors
5. Split rings
6. Glue
7. Glue + nails
8. Glue + screws
9. Glue + bolts



[illegible]

TABLE I
VALUES OF S, U, AND l FOR W TRUSSES

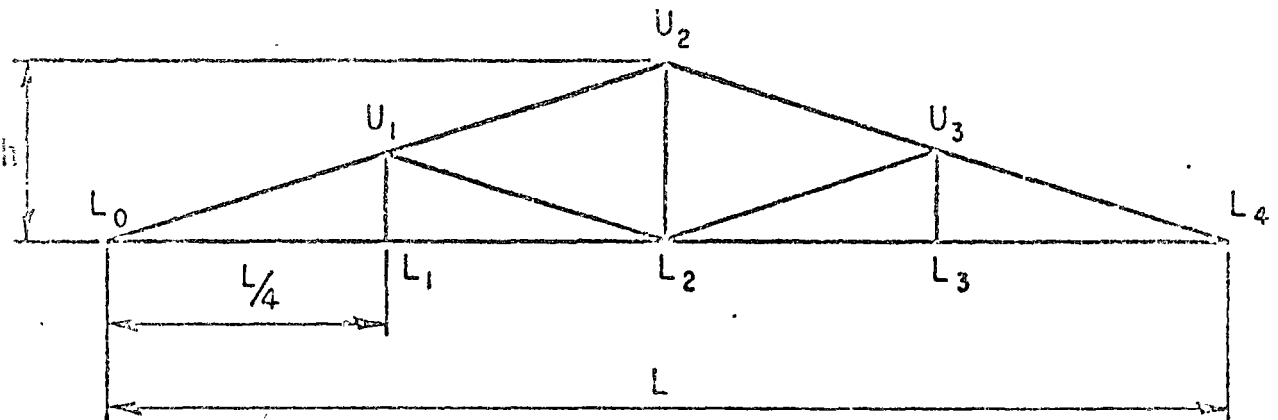


Member	S	U	l
L_0L_1	$+\frac{L^2}{2h}\left(\frac{3}{8}W_1 + \frac{1}{3}W_2\right)$	$+1/3 \frac{L}{h}$	$L/3$
L_1L_2	$+\frac{L^2}{h}\left(\frac{1}{8}W_1 + \frac{1}{9}W_2\right)$	$+1/6 \frac{L}{h}$	$L/3$
L_2L_3	$+\frac{L^2}{2h}\left(\frac{3}{8}W_1 + \frac{1}{3}W_2\right)$	$+1/6 \frac{L}{h}$	$L/3$
L_0U_1	$-\frac{L}{2h}\left(\frac{3}{8}W_1 + \frac{1}{3}W_2\right)\sqrt{L^2+4h^2}$	$-\frac{1}{3h}\sqrt{L^2+4h^2}$	$1/4\sqrt{L^2+4h^2}$
U_1U_2	$-\frac{L}{h}\left(\frac{5}{32}W_1 + \frac{1}{6}W_2\right)\sqrt{L^2+4h^2}$	$-\frac{1}{3h}\sqrt{L^2+4h^2}$	$1/4\sqrt{L^2+4h^2}$
U_2U_3	$-\frac{L}{h}\left(\frac{5}{32}W_1 + \frac{1}{6}W_2\right)\sqrt{L^2+4h^2}$	$-\frac{1}{6h}\sqrt{L^2+4h^2}$	$1/4\sqrt{L^2+4h^2}$
U_3L_3	$-\frac{L}{2h}\left(\frac{3}{8}W_1 + \frac{1}{3}W_2\right)\sqrt{L^2+4h^2}$	$-\frac{1}{6h}\sqrt{L^2+4h^2}$	$1/4\sqrt{L^2+4h^2}$
L_1U_2	$+\frac{L}{h}\left(\frac{1}{32}W_1 + \frac{1}{18}W_2\right)\sqrt{36h^2+L^2}$	$+\frac{1}{6h}\sqrt{36h^2+L^2}$	$1/6\sqrt{36h^2+L^2}$
U_1L_1	$-\frac{L}{32h}W_1\sqrt{36h^2+L^2}$	0	$1/12\sqrt{36h^2+L^2}$
U_2L_2	$+\frac{L}{h}\left(\frac{1}{32}W_1 + \frac{1}{18}W_2\right)\sqrt{36h^2+L^2}$	0	$1/6\sqrt{36h^2+L^2}$
L_2U_3	$-\frac{L}{32h}W_1\sqrt{36h^2+L^2}$	0	$1/12\sqrt{36h^2+L^2}$

Where S = axial force on member
U = force caused by unit load applied vertically at third point of lower chord
 l = length of member
 W_1 = load per unit length of truss along top chord
 W_2 = load per unit length of truss along bottom chord
L = span of truss
h = height of truss at peak

MS/305/LGB.

TABLE II

VALUES OF S, U, AND l FOR HOWE TRUSSES

Member	S	U	l
L_0L_1	$\frac{3L^2}{16h}(W_1 + W_2)$	$\frac{1}{4} \frac{L}{h}$	$L/4$
L_1L_2	$\frac{3L^2}{16h}(W_1 + W_2)$	$\frac{1}{4} \frac{L}{h}$	$L/4$
L_2L_3	$\frac{3L^2}{16h}(W_1 + W_2)$	$\frac{1}{4} \frac{L}{h}$	$L/4$
L_3L_4	$\frac{3L^2}{16h}(W_1 + W_2)$	$\frac{1}{4} \frac{L}{h}$	$L/4$
L_0U_1	$\frac{3L}{16h}(W_1 + W_2) \sqrt{L^2 + 4h^2}$	$\frac{\sqrt{L^2 + 4h^2}}{4h}$	$\frac{\sqrt{L^2 + 4h^2}}{4}$
U_1U_2	$\frac{L}{8h}(W_1 + W_2) \sqrt{L^2 + 4h^2}$	$\frac{\sqrt{L^2 + 4h^2}}{4h}$	$\frac{\sqrt{L^2 + 4h^2}}{4}$
U_2U_3	$\frac{L}{8h}(W_1 + W_2) \sqrt{L^2 + 4h^2}$	$\frac{\sqrt{L^2 + 4h^2}}{4h}$	$\frac{\sqrt{L^2 + 4h^2}}{4}$
U_3L_4	$\frac{3L}{16h}(W_1 + W_2) \sqrt{L^2 + 4h^2}$	$\frac{\sqrt{L^2 + 4h^2}}{4h}$	$\frac{\sqrt{L^2 + 4h^2}}{4}$
U_1L_1	$\frac{L}{4} W_2$	0	$\frac{h}{2}$
U_1L_2	$\frac{L}{16h}(W_1 + W_2) \sqrt{L^2 + 4h^2}$	0	$\frac{\sqrt{L^2 + 4h^2}}{4}$
U_2L_2	$\frac{L}{4}(W_1 + 2W_2)$	1	h

Where S = axial force on member

U = force caused by unit load applied vertically at the centre of the lower chord

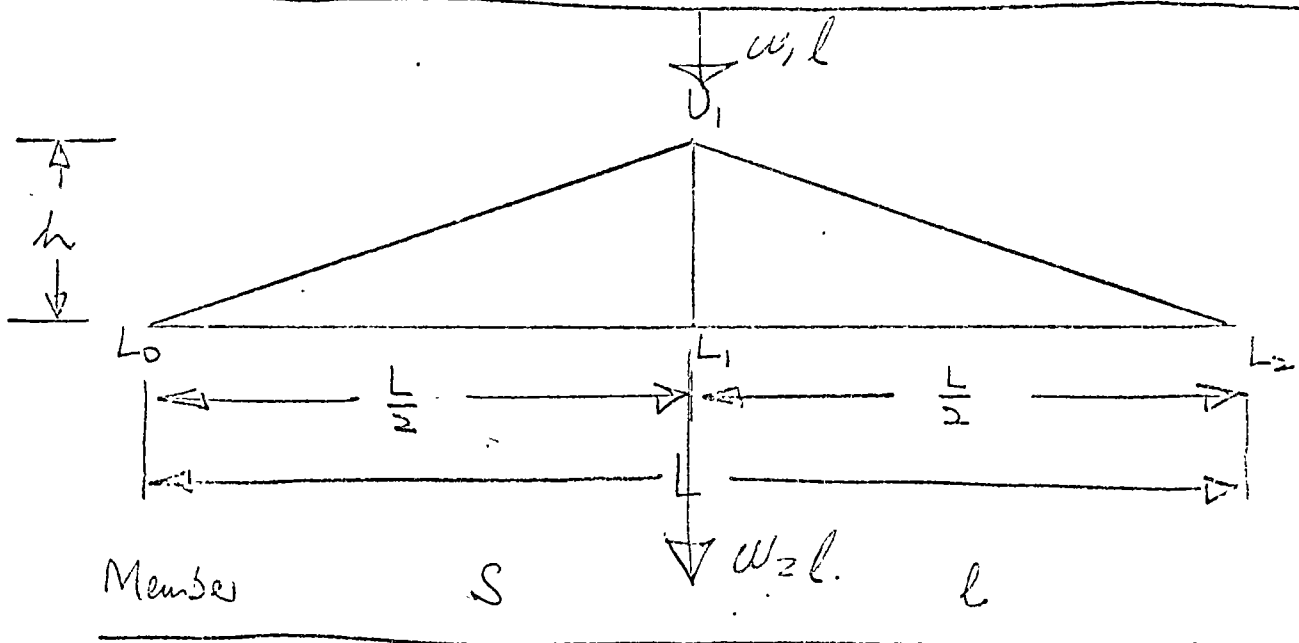
 l = length of member W_1 = load per unit length of truss along top chord W_2 = load per unit length of truss along bottom chord

L = span of truss

h = height of truss at peak

M 1/49 S/LCL

VALUES OF S and l FOR KING POST TRUSSES



Member	S	l
$L_0 L_1$	$\frac{L^2}{4h} (W_1 + W_2)$	$\frac{L}{2}$
$L_1 L_2$	$\frac{L^2}{4h} (W_1 + W_2)$	$\frac{L}{2}$
$L_0 U_1$	$-\frac{L\sqrt{L^2 + 4h^2}}{4h} (W_1 + W_2)$	$\frac{1}{2}\sqrt{L^2 + 4h^2}$
$L_1 U_1$	$L W_2$	h

Where S = axial force on members (tension +ve, comp -ve)

l = length of members

W_1 = load per unit length of truss along top chord

W_2 = load per unit length of truss along bottom chord

L = span of truss

h = height of truss at peak

16. SITE HANDLING

16.1. HANDLING TEST

The following procedure should be carried out to test the ability of any method of truss fabrication to provide trusses that can withstand the stresses arising from site handling.

Three tests should be carried out on trusses with spans representing the average normally required from a range of trusses. Three further tests should be carried out on trusses with spans that represent the largest likely to be required from the range. The test trusses should be selected at random from production batches of trusses.

16.1.1. See Figure 1.

16.1.2. The truss shall be placed over a sturdy trestle type support. The top rail of the trestle shall be a 2 x 4 lying flat, at least one foot longer than the overall depth of the truss, and 4 feet off the floor.

16.1.3. The truss shall be balanced on the trestle in a horizontal plane. The truss shall be raised at one end by propping with a long stick at the outside of the heel joint. The truss shall be raised so that the peak rests on the support and the bottom chord is raised at least 6 ins. off the support.

16.1.4. When the truss is balanced in this position with peak on the trestle and one heel joint on the prop, the prop shall be jerked out at the bottom by means of a rope and the truss allowed to drop and rock over the support until it comes to rest.

16.1.5. Repeat the test by replacing the truss and raising and dropping the other end. Turn the truss over and repeat the tests for both ends.

16.1.6. The four drops complete the handling test.

16.1.7. The trusses should show no sign of failure or measurable separation of members, gussets or plates as a result of the tests (see clause 13.6.5.).

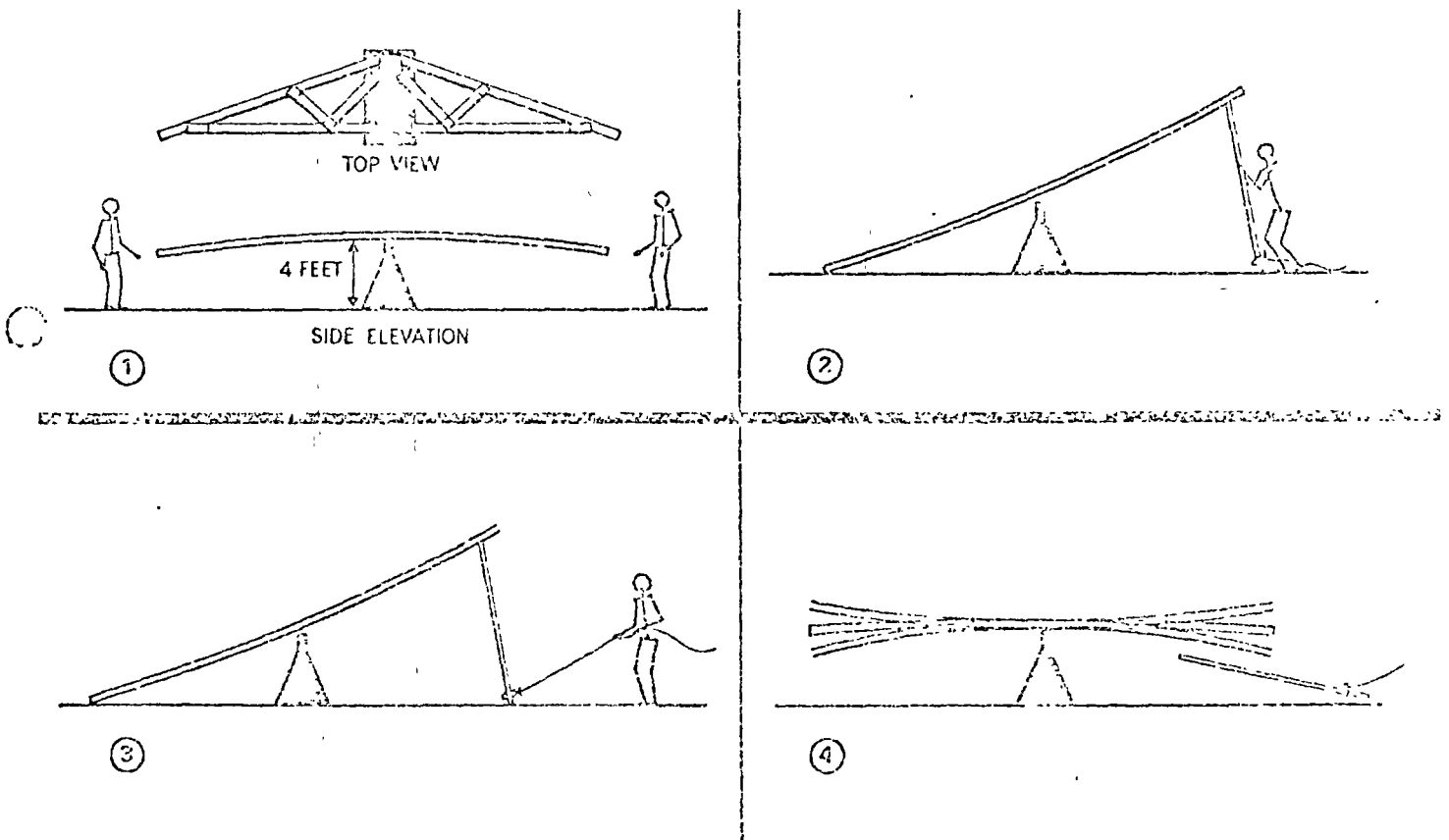


Figure 1.

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO PARA ARMADURAS DE MADERA CONECTADAS CON PLACAS LIGERAS.

ESTUDIO TECNICO

OBJETIVO

Este trabajo tiene por finalidad describir un método para diseñar y fabricar armaduras de madera, utilizando placas metálicas ligeras, en las juntas de los miembros. Este trabajo ha sido elaborado con el propósito de ayudar en la preparación de códigos y reglamentos para edificaciones que usen en su construcción armaduras de madera, además de dar a conocer los métodos de diseño y ensayo de materiales que conlleven el correcto uso de dichas armaduras en beneficio de la seguridad y bienestar de los usuarios.

PREAMBULO

Las armaduras de madera pueden utilizarse en casas habitación, en escuelas, en iglesias, en construcciones agrícolas y comerciales, y en muchas otras edificaciones.

Este estudio tiene por objeto proporcionar información para emplearse en el diseño de armaduras, por personas que están familiarizadas con el cálculo de ingeniería estructural. No incluye los conocimientos básicos de cualquier libro de texto de ingeniería, ni las correspondientes derivaciones de fórmulas. Tampoco es propósito de este estudio ilustrar todas las posibles configuraciones, ni todos los detalles de construcción.

La elaboración de estas especificaciones tiene como origen el estudio del comportamiento de juntas ensayada individualmente en el laboratorio, y de las pruebas efectuadas en armaduras a escala natural correspondientes a todo tipo de configuraciones.

Además, incluye las experiencias obtenidas con gran cantidad de armaduras diseñadas de acuerdo a los conceptos básicos que aquí se presentan y que han estado en servicio por muchos años y han aportado información técnica que se ha utilizado como Norma Práctica de Diseño.

Los métodos de diseño incluidos se estiman conservadores y se basan en sanos juicios de ingeniería. Al preparar estas especificaciones pensamos que, puedan ser consideradas como guía en la elaboración de las Normas Prácticas de Diseño para México.

100 GENERALIDADES

101 Símbolos y Significado

P	Fuerza axial en kg.
A	Sección transversal (cm ²).
M	Momento flexionante (kg-cm)
S	Módulo de sección (cm ³)
F _b	Esfuerzo permisible a la flexión (kg/cm ²)
F _t	Esfuerzo permisible a la tensión, paralelo al grano de la madera (kg/cm ²)
F _c	Esfuerzo permisible a compresión paralelo al grano de la madera (kg/cm ²)
E	Módulo de elasticidad (kg/cm ²)
w	Distribución de la carga en kilos por metro lineal (kg/m)
b	Espesor del miembro (cm)
h	Ancho del miembro (cm)
d	Espesor o ancho críticos del miembro sujeto a pandeo (cm)
L _s	Claro de la armadura (longitudinal) para la determinación de las fuerzas axiales (m) (Claro libre entre los apoyos)
L'	Longitud efectiva de pandeo (cm)
L ₁	Proyección horizontal del ensamble de la zapata (cm)
L ₂ , L ₃ , L ₄ , L ₅ , L ₆ , L ₇	Claro entre nudos de las cuerdas superior e inferior de la armadura (proyección horizontal) (m)
L _a , L _b	Distancias medidas a lo largo de las cuerdas para determinar la longitud efectiva de pandeo (L'), según se muestra en la figura No. 2 (m)

L_w	Largo efectivo de los miembros interiores de la armadura (m)
L_p	Espaciamiento de los largueros de centro a centro (m)
L_o	Claro entre nueos de un panel en una armadura simple (m)
L	Distancia promedio de dos paneles adyacentes en las cuerdas superior e inferior, respectivamente, usada para calcular el momento flexionante (m)
L_c	Longitud del alero (m)

NOTA.- Siempre que se utilice la longitud de L' conjuntamente con (cm) para establecer las relaciones L'/d , deberá tomarse en cm.

Por otra parte, cuando la longitud L se utiliza con w (kg/m) y los coeficientes del momento flexionante, que aparecen en la figura No. 1, deben darse en metros y su producto, multiplicado por 100, para obtener el momento flexionante M , en kg-cm.

103 INTRODUCCION

103.1 Estas especificaciones comprenden los dos materiales que se utilizan para la fabricación de armaduras; la madera y el acero, los procedimientos de diseño empleado para las juntas y miembros además el anclaje y abrazaderas, como evaluar la calidad de las placas conectoras, forma en que deben de aplicarse en la madera y los procedimientos para efectuar pruebas de carga en armaduras fabricadas con

placas conectoras ligeras.

- 103.2 Estas especificaciones no abarcan el diseño de todo el sistema estructural de una construcción. Para ese propósito los responsables del diseño y construcción de edificios deberán de prever procedimientos adecuados, que comprendan soportes, abrazaderas y anclajes, resistencia al viento, cargas por sismo y otras fuerzas horizontales.
- 103.3 En el Apéndice A se hacen recomendaciones de cargas mínimas de diseño y los procedimientos para aplicarlas en casos específicos.
- 103.4 Los métodos de erección de las armaduras en la obra no están incluidos en estas especificaciones. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que cada armadura debe ser manejada cuidadosamente y debidamente colocada en la obra. El contratista encargado de su colocación deberá especificar los métodos más seguros y convenientes para su manejo y colocación para que éstas no sean dañadas al ser transportadas, o en su colocación en la obra.
- 104 INFORMACION NECESARIA PARA DISEÑAR ARMADURAS DE MADERA.
- 104.1 Deberán proporcionarse dibujos que contengan los siguientes conceptos:

- a) Pendiente mínima, claro máximo y espaciamiento máximo de las armaduras.
- b) Dimensión mínima de los apoyos.
- c) Cargas de diseño que incluyan los siguientes conceptos:
 - 1. Carga viva en la cuerda superior
 - 2. Carga muerta en la cuerda superior
 - 3. Carga viva en la cuerda inferior
 - 4. Carga muerta en la cuerda inferior
- d) Ajustes de los esfuerzos permisibles por la duración de la carga en la madera y los valores básicos de los clavos.
- e) Concentración de cargas y sus puntos de aplicación.
- f) Análisis gráfico o matemático de fuerzas para cada miembro.
- g) Placas metálicas de conexión. Tipo, tamaño, calibre, descripción, valor de la resistencia de cada clavo y de la placa (kg/cm^2) basado en el área efectiva de contacto y las dimensiones de su localización en la junta, excepto cuanto se sitúa simétricamente en la misma.
- h) Madera empleada, dimensiones, especie y grado de calidad de la misma.
- i) Método de fabricación, incluyendo el procedimiento para sujetar rígidamente los miembros de la armadura y para introducir la placa en la madera.

105 Manejo de las Armaduras.

Deberá tenerse el mayor cuidado posible durante el almacenamiento, transporte y descarga de las armaduras, con el objeto de evitarle daño a las mismas.

200 MATERIALES

201 Madera

201.1 Los esfuerzos unitarios permisibles de la madera deberán ser los mismos que aparecen en el cuadro de propiedades mecánicas, determinadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y que se encuentran en el Apéndice B de estas especificaciones.

202 Acero

202.1 Las placas metálicas de conexión deberán fabricarse con acero de primera calidad o su equivalente en lámina de acero galvanizada - que reúna las siguientes condiciones mínimas:

Cumplir los requerimientos de la Norma de la A.S.T.M.
A 446-72 Grado A.

Esfuerzo básico permisible de tensión - 1400 kg/cm² (máximo)

Esfuerzo básico permisible al corte - 948 kg/cm² (máximo)

Límite de fluencia - 2320 kg/cm² (mínimo)

Elongación en 5 cm = 20% (mínimo).

Resistencia a la ruptura = 3160 Kg/cm² (mínimo).

La capa resistente a la corrosión debe ser galvanizada por inmersión en caliente y cumplir con los requerimientos del A.S.T.M. - A 525-71, G 90. Esta capa debe ser aplicada antes de troquelar las placas.

No es necesario volver a tratar las placas después de troqueladas.

PLACAS METALICAS DE CONEXION

Las placas metálicas de conexión galvanizadas deber tener protuberancias en forma de dientes con el objeto de que penetren en la madera causando el daño mínimo a las fibras de la misma.

En la elaboración de los clavos deben emplearse troqueles que produzcan clavos de una configuración precisa. Los clavos deben estar acanalados longitudinalmente y su base ensanchada para lograr mayor rigidez.

El molde de las placas debe repetirse sucesivamente y ajustarse por el fabricante para lograr un balance en la tensión y en el esfuerzo cortante de los mismos.

FABRICACION

Los miembros de madera de las armaduras, deben cortarse con cuidado, tanto en su longitud como en los ángulos de sus extremos, a fin de que sean debidamente ensamblados en la mesa de montaje diseñada para este propósito. En la parte inferior de cada unión deben colocarse planchas de acero de reacción para lograr una buena penetración del conector.

Los miembros de madera se deben acoplar unos a otros sujetándolos firmemente con abrazaderas para que los clavos de las placas de conexión penetren completamente en la madera.

La introducción de los conectores debe efectuarse mediante una fuerza aplicada verticalmente contra la madera, ya sea mediante una prensa hidráulica o por el impacto de una masa que se deje caer desde una altura previamente determinada. Cualquiera que sea el procedimiento seguido, la carga deberá aplicarse uniformemente sobre toda el área de la placa conectora.

Una vez fabricadas, las armaduras deberán sujetarse entre sí con flejes u otros amarres para luego almacenarse en tal forma que no se produzcan deformaciones o flexiones laterales, hasta que estén listas para ser entregadas.

Momento flexionante de diseño en la cuerda superior. $WL_0^2/9$

Momento flexionante de diseño en la cuerda inferior. $WL_0^2/8$

Momento flexionante de diseño en la cuerda superior. $WL_1^2/10$

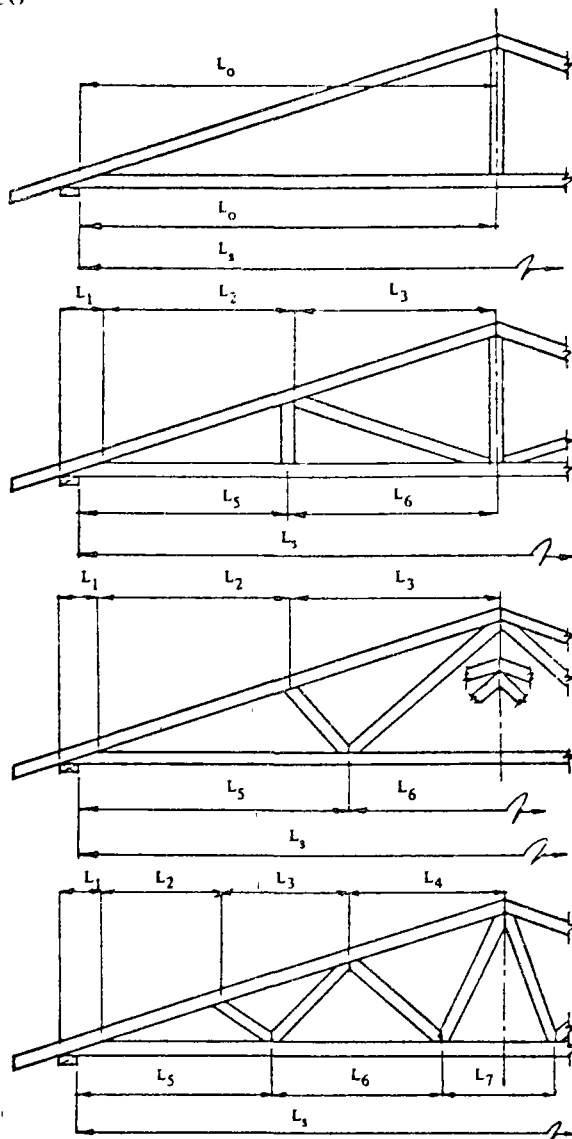
Momento flexionante de diseño en la cuerda inferior. $WL_5^2/8$

Momento flexionante de diseño en la cuerda superior. $WL_2^2/10$

Momento flexionante de diseño en la cuerda inferior. $WL_6^2/8$

Momento flexionante de diseño en la cuerda superior. $WL_3^2/11$

Momento flexionante de diseño en la cuerda inferior. $WL_7^2/8$



EJEMPLO:

FLEXION EN LA CUERDA SUPERIOR (longitud en metros) FLEXION EN LA CUERDA INF. (longitud en metros)

$$L = \frac{L_2 + L_3}{2}$$

$$L = \frac{L_5 + L_6}{2}$$

L_1 Longitud del ensamble de la zapata (en la proyección horizontal) ó 61 cm, escogiendo el menor de los dos valores.

Al determinar el valor de L , si el claro del entrenudo más corto es inferior a 0.80 del claro del entrenudo mayor, entonces, deberá usarse 0.90 del mayor.

FIGURA No. 1

300

PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO

301

Diseño de los Miembros.

301.1

La fuerza axial en los miembros de la armadura debe determinarse asumiendo que los miembros se encuentran articulados entre sí. Las cargas que estén uniformemente distribuidas en las cuerdas, superior e inferior, respectivamente, deberán considerarse como equivalentes a cargas concentradas aplicadas en los diferentes puntos de los entrenudos.

301.2

El momento flexionante en las cuerdas superior e inferior, debe calcularse, asumiendo que las cuerdas se comportan como una viga continua apoyada en los miembros interiores de la armadura.

Los coeficientes de momento que se deben de usar, se encuentran en la figura No. 1.

301.3

El diseño de los miembros debe basarse en las dimensiones reales de la madera, las que deben anotarse en los dibujos y utilizarse al efectuar los cálculos del diseño de la armadura.

301.4 Todos los miembros sujetos a esfuerzos axiales deberán cumplir con la siguiente condición:

$$\frac{P}{A} \leq F_a$$

Donde: (a) Si P/A es un esfuerzo en tensión,

$$\text{entonces } F_a = F_t$$

(b) Si P/A es un esfuerzo de compresión,

$$\text{entonces } F_a = F_c \quad \text{ó} \quad \frac{.3 E}{(L'/d)^2}$$

(cualquiera que sea el menor)

Todo miembro sujeto a flexión, deberá cumplir con la siguiente condición:

$$\frac{M}{S} \leq F_b$$

301.5 Todo miembro sujeto a una combinación de esfuerzos axiales de flexión deberá cumplir con la siguiente condición:

$$\frac{P/A}{F_a} + \frac{M/S}{F_b} \leq 1.00$$

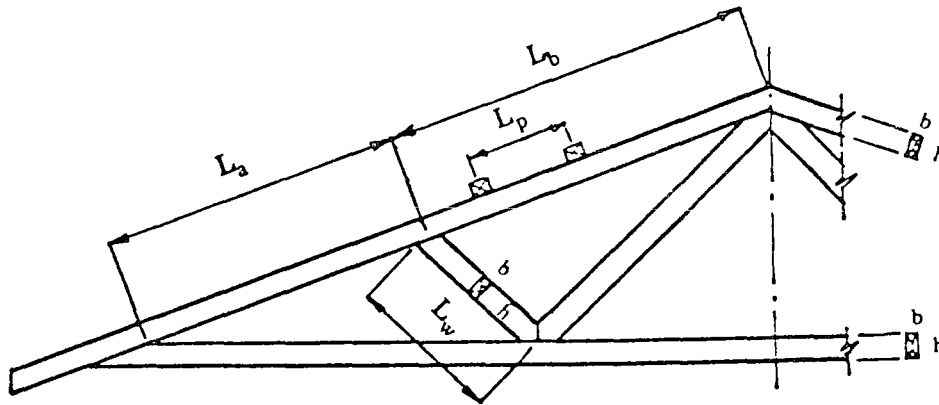
Debiendo estar F_a de acuerdo con la definición dada anteriormente.

301.6 Los esfuerzos permisibles de las fórmulas anteriores deben ajustar se para la duración de la carga, según se especifica en el párrafo 301.8

301.7 El valor máximo de la relación L'/d para miembros de madera su jetos a compresión, debe estar limitado a 50, y para los miembros sujetos a tensión deberá limitarse a 80. En las cuerdas y miembros interiores de una armadura, la longitud efectiva de pandeo de berá ser de acuerdo a lo indicado en la figura No. 2.

301.8 Los esfuerzos permisibles deberán ajustarse para las condiciones de duración de carga, multiplicándolos por los siguientes factores:

Cargas Permanentes		0.90
Cargas Normales	10 años de duración	1.00
Cargas de Nieve u otras	2 meses de duración	1.15
Carga por Construcción u otros	7 días de duración	1.25
Viento, Sismo y otros	1 día de duración	1.33
Cargas en Movimiento y Concentradas	1 hora de duración	1.50
Impacto	Instantáneo	2.00



VALORES CRITICOS POSIBLES DE L'/d

MIEMBROS DE LA ARMADURA	DIMENSION EFECTIVA (d)	LONGITUD EFECTIVA (L')
CUERDAS	h	$\frac{0.8 (L_a - L_b)**}{2}$
	b	L_p^*
MIEMBROS INTERIORES	b	$0.8 L_w$

* Cuando el recubrimiento se clava directamente sobre la cuerda de compresión, podrá asumirse que el soporte lateral, en la dirección del eje más débil, es continuo y el valor $L'/d = \frac{L_p}{b}$ puede ser despreciado.

** Para los casos cualquiera de los dos L_a o L_b sea menor que 0.80 del otro, $L' = 0.8$ (0.9 del mayor de los dos).

FIGURA No. 2

301.9 Cuando se trate de pendientes mayores de 30° se recomienda utilizar el coeficiente correspondiente al diseño por carga de viento.

301.10 Además de las consideraciones normales de diseño, deberá prever en el mismo que todos los miembros de la armadura puedan resistir $1/3$ de los esfuerzos calculados, actuando en forma reversible.

301.11 Cuando tres o más armaduras están colocadas paralelamente entre sí a espaciamientos no mayores de 61 cm., y que estén unidas entre sí por el recubrimiento de un techo, de un entre piso, o de cualquier elemento que lo conecte directamente a las cuerdas de la armadura distribuyendo las cargas, el esfuerzo permisible de flexión puede aumentarse en un 15%.

302 Longitud de los Claros y Coeficientes de Momentos.

302.1 Los momentos flexionantes debidos a cargas que actúan sobre las cuerdas superiores e inferiores, deben calcularse de acuerdo a lo establecido en la figura No. 1.

302.2 El momento crítico en la cuerda superior debido a carga uniforme (w), con cualquier tipo de pendiente, debe ser: $wL_o^2/9$, para miembros con cuerda superior con un claro de entrenudo; para miembros con dos claros será $wL^2/10$, y para miembros con tres o más claros en la cuerda superior se usará $wL^2/11$. Para este

propósito se utilizará la distancia L , (en su proyección horizontal) en claros de igual longitud y cuando los claros adyacentes sean desiguales se tomará el promedio de sus longitudes L , siempre y -- cuando la relación del claro menor respecto del mayor no sea menor que 0.80. (Ver figura No. 1). En aquellos casos en que la longitud L del claro menor es inferior a 0.80 de la longitud del claro mayor, entonces, se utilizará el 0.90 del valor del claro mayor como distancia L .

302.3 El momento crítico en la cuerda inferior de una armadura en casos de carga uniforme (w) será $wL^2/8$, utilizando las distancias L ó L_0 , tal como se muestra en la Figura No. 1, tratándose de claros iguales de longitud. Cuando se trate de claros adyacentes de distintas longitudes se utilizará el promedio de la mismas, -- siempre que la relación del menor claro al mayor no sea menor de 0.80. Si la longitud L del claro menor es inferior que 0.80 del mayor, entonces, se debe usar 0.90 del mayor como valor de la distancia L .

302.4 Como valor de la longitud del ensamble de la zapata se toma L_1 (proyección horizontal) o 61 cm., escogiendo el menor de los dos valores, al determinar la distancia L . (Ver figura No. 1).

303 Diseño de la Unión.

303.1 Las placas de conexión deberán colocarse en ambos lados de la unión, con suficientes clavos, dientes o prolongaciones de ensambles para formar una unión rígida con los miembros de madera que la forman y que la hagan capaz de resistir las fuerzas que le sean aplicadas, de acuerdo con las siguientes condiciones:

- a) Para resistir los efectos del momento aplicado en la unión de la zapata, la placa que allí se aplique deberá ser diseñada para resistir la fuerza axial que ejercen directamente en la unión las cuerdas superior e inferior, usando las siguientes reducciones en los valores permisibles de los clavos, dientes o prolongaciones de ensamble:

En pendiente menor de 15°	85% del valor permisible
Pendientes de 15° , pero menos que 18°	80% del valor permisible
Pendientes de 18° , pero menos que 22°	75% del valor permisible
Pendientes de 22° hasta 25° inclusive	70% del valor permisible
Pendientes mayores de 25°	65% del valor permisible

- b) Diseñar la placa del vértice superior de la armadura para que pueda resistir el 50% de la carga de compresión de diseño a que está sometida la cuerda superior.

c) Para determinar el tamaño de la placa conectora, deberán diseñarse todas las placas, excepto la de la zapata, descontando 14 mm. en el extremo de los miembros, medido éste en sentido paralelo al grano de la madera según se demuestra en la figura No. 3 y No. 5-A. Al efectuar las reducciones a que se hace referencia en el párrafo (a), ya se toman en consideración los requerimientos por eje o borde en el extremo del miembro, para la placa de la zapata. Por esta razón, estos requerimientos de descuento en el borde y en el eje no -- son aplicables al diseñar la placa de la zapata, si es que se aplican las reducciones porcentuales anotadas en el párrafo -- (a).

d) Considerar que todas las uniones tengan suficiente área de placa, dientes o clavos, capaces de resistir un mínimo de 170 - kilos, de fuerza axial de todos los miembros, al calcular el valor básico de diseño de la placa como una medida de pre -- caución para un manejo poco cuidadoso.

303.2 Como regla general, todas las uniones a compresión bajo condiciones normales de carga y sujetas a tensión, bajo esfuerzos reversibles, deberán diseñarse para prevenir que 1/3 de las fuerzas -- calculadas actúen en dirección opuesta.

DISTANCIA DE DESCUENTO EN EL BORDE Y EN EXTREMO
DEL MIEMBRO.

Para ser usado en el diseño de las placas metálicas de conexión
en las juntas.

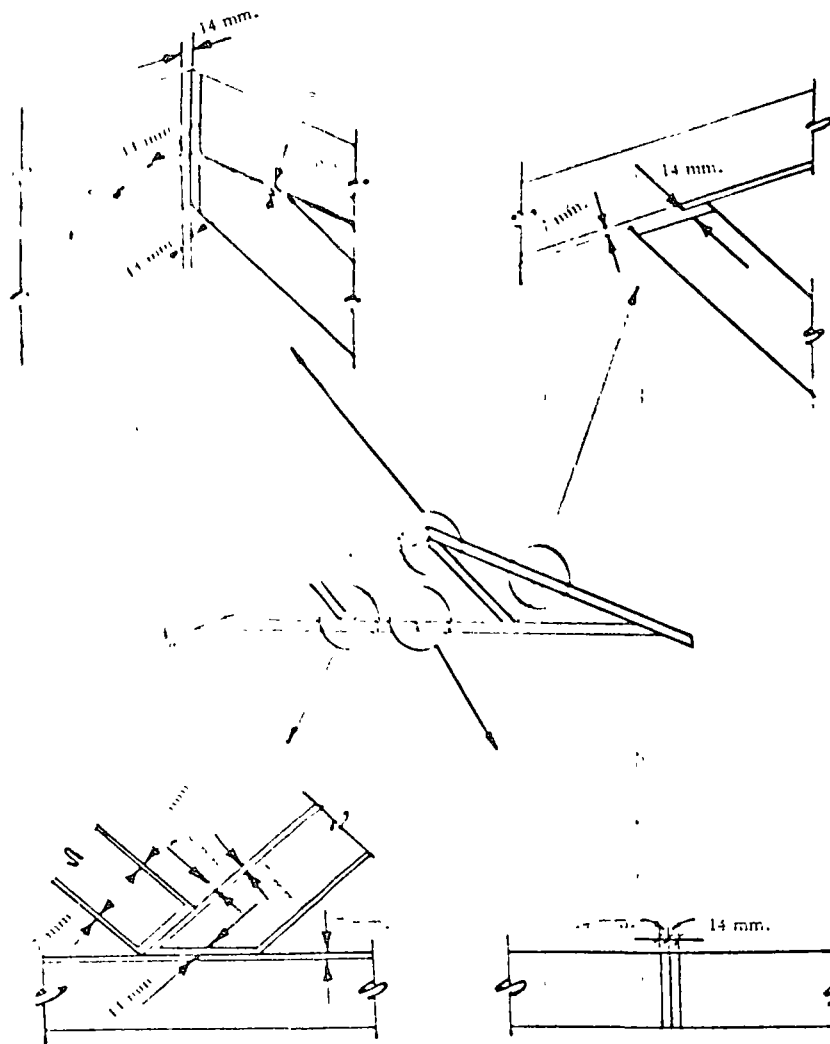


FIGURA No. 3

- 303.3 Las uniones muy ajustadas sujetas a esfuerzos de compresión, de derán diseñarse para transmitir hasta un 50% de su fuerza de --- compresión de un miembro de madera a otro. El área de la placa deberá resistir por lo menos 170 kg. por miembro. (Párrafo- 303.1 (d)).
- 303.4 Los conectores de placa que se diseñan para colocarse en madera impregnada a presión con productos retardantes al fuego y secada al horno después del tratamiento, deben reducirse en un 10% de su valor de diseño. Cuando las placas se utilicen en madera impregnada, pero sin secarse al horno, el valor de las cargas permisibles de la placa debe reducirse en un 20%.
- 303.5 Los valores básicos de diseño de las placas metálicas de conexión (resistencia lateral) pueden ajustarse para diferentes duraciones de la carga multiplicándolos por los factores anteriormente señala dos en el párrafo 301.8.
- 303.6 En todas las uniones sujetas a tensión, la sección neta del conector debe diseñarse utilizando el valor del esfuerzo permisible a ten sión del metal. El valor del esfuerzo permisible a tensión del metal puede aumentarse en un 33 1/3%, cuando se consideren esfuerzos por

viento o sismo, pero en ningún momento el esfuerzo permisible -- debe aumentarse solamente por cargas vivas y muertas.

- 303.7 La sección neta de corte de conectores metálicos de placa en todas las uniones de zapata sometidas a esfuerzo cortante, deben diseñarse utilizando sólo el esfuerzo cortante permisible del metal. El esfuerzo cortante permisible del metal, puede aumentarse en un $33 \frac{1}{3}\%$, cuando se consideren fuerzas de viento o sismo, pero en ningún caso debe aumentarse el esfuerzo permisible básico -- solamente por cargas vivas y muertas.

304 DEFLEXION

- 304.1 La deflexión en una armadura, debido a la carga viva, no debe -- exceder el valor $L_s/360$, cuando se usa un repello en el cielo raso. -- Tampoco debe exceder el valor $L_s/240$, cuando se usa un mate -- rial flexible, o bien que se deje al descubierto. Para armaduras en alero, estos valores $L_c/180$ y $L_c/120$, respectivamente, (ver -- figura No. 4).

CONTRAFLECHA

Con el propósito de lograr una altura uniforme en el cielo raso, -- se acostumbra proveer a la cuerda inferior de la armadura con --

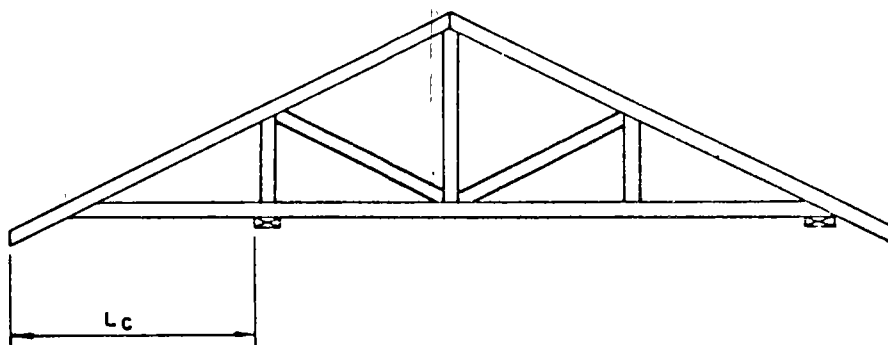
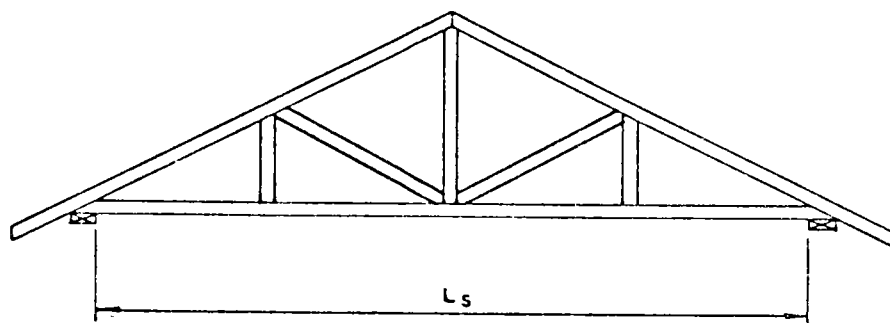


FIGURA No. 4

suficiente contraflecha para compensar la deflexión debida a la carga muerta. En aquéllos casos en que la deflexión por carga muerta es menor que la contraflecha, o cuando se emplean placas relativamente grandes y/o rígidas o que se trate de armaduras con pendientes muy pronunciadas, entonces la contraflecha puede reducirse proporcionalmente.

ANCLAJE

Toda armadura debe anclarse firmemente a las paredes exteriores, dala, viga, trabe, columna, etc., que le sirve de apoyo. En lugares donde el viento sopla con velocidad moderada, el anclaje de la armadura deberá resistir una fuerza de levantamiento de 58 kg/M2, del área tributaria de techo, por arriba de la carga muerta. Esta resistencia a la fuerza de levantamiento deberá aumentarse en aquellos lugares en donde la velocidad del viento sea mayor.

Las personas encargadas del diseño total de la construcción, deberán tomar las medidas de precaución pertinentes para que al anclaje y resistencia a la fuerza de levantamiento se transmita hasta los cimientos de la misma.

SOPORTES

Debe dotarse a la armadura de una área de soporte suficientemente grande para permitir un buen anclaje entre ésta y sus soportes.

que sea capaz de resistir las reacciones correspondientes de acuerdo con los esfuerzos permisibles de compresión perpendicular al grano de la madera. En aquéllos casos en que se utilicen amarres o aseguradores mecánicos, deberá proveerse suficiente área de madera para sujetar los amarres capaces de sostener la porción de la reacción que rebasa la capacidad de sujeción del amarre.

400 EVALUACION DE LAS PLACAS CONECTORAS

401 Generalidades

- 401.1 Los valores de los clavos (resistencia lateral) por diente, clavo, saliente, centímetro cuadrado u otra unidad de medida, para utilizarse al diseñar uniones de madera, usando placas conectoras, debe determinarse siguiendo un procedimiento normalizado de ensayo que se basa en el valor límite de la carga aplicada a un esfuerzo deslizando en 0.40 mm. o el valor límite de la carga considerando los factores de seguridad correspondientes.
- 401.2 En los diagramas de la Figura No. 5, se especifican las dimensiones de los especímenes de prueba, así como la variante o alternativas que pueden efectuarse para su colocación. El valor al deslizamiento de 0.40 mm. se mide desde el conector a cada una de las piezas de madera sujetas a prueba, o cuando se miden de pieza a pieza de madera, el valor crítico al deslizamiento del clavo,

es de 0.80 mm.

402 Especímenes para Prueba

Deben elaborarse diez muestras a partir de calidades comerciales disponibles de cada una de las especies de madera que se pretende utilizar para la fabricación de armaduras con las placas conectoras.

Cinco muestras deberán utilizarse como muestras testigo o control y las otras cinco como muestras de comportamiento a la humedad. Deberá determinarse el peso específico promedio de las diez muestras con una aproximación de $\pm 10\%$ de los valores consignados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y esta información deberá incluirse con los demás resultados del ensayo. Los especímenes de prueba deberán cortarse y marcarse por pares a fin de que sustancialmente tengan entre sí las mismas características de la madera, tanto en los grupos de control como en los de comportamiento a la humedad.

403 CONTENIDO DE HUMEDAD

403.1 Las cinco muestras de control deben elaborarse y probarse con un contenido de humedad de $15\% \pm 4\%$ de tolerancia.

403.2 Las cinco muestras para evaluar el comportamiento a diversos -- contenidos de humedad deberán elaborarse con madera con un contenido de humedad que no sea menor al 15%. Estas muestras deberán secarse luego hasta que su contenido de humedad sea de un 7% o menos, en un período de cinco días y luego volverse a rehabilitar hasta un contenido de humedad que no sea inferior de 10%- antes de efectuar el ensayo.

404 Métodos de Prueba

404.1 Cada espécimen o muestra de tensión deberá ensayarse en una máquina calibrada, hasta su destrucción. Los ensayos deberán ser -- supervisados y certificados por una entidad independiente con prestigio en materia de ensayo de materiales o por un Ingeniero o profesional debidamente capacitado para el efecto. La colocación de las muestras para efectuar la prueba se describe en la Figura No. 5.

Los miembros de madera deberán sujetarse con quijadas de la máquina de ensayo. Los instrumentos de medición deberán ser capaces de registrar valores de por lo menos 0.025 mm. que se colocarán en caras opuestas de la muestra según se observa en la Figura No. 5. A solicitud expresa deberá disponerse del certificado de calibración de la máquina de pruebas. El ensayo debe efectuarse de manera que la carga máxima se aplique en unos diez --

minutos, pero ese tiempo no podrá ser menor de cinco minutos ni mayor de 20. La velocidad de la cruceta será de 1 mm. por minuto; con $\pm 50\%$ de tolerancia usualmente se aplica la carga máxima en el tiempo programado. Hay que anotar la velocidad empleada. Deberán efectuarse registros de varias lecturas con el objeto de tener por lo menos las correspondientes a incrementos en la carga, antes de alcanzar un deslizamiento de 0.80 mm. (entre las piezas de madera), Las anotaciones deben comprender la carga total aplicada y la lectura del deslizamiento en cada calibrador. La aplicación de la carga se mantendrá a la velocidad original -- hasta la destrucción de la muestra. Se anotarán los diferentes tipos de falla de cada muestra.

405 Evaluación de los Resultados del Ensayo.

405.1 El valor del ensayo, por diente, clavo, saliente o centímetro cuadrado de placa de cada muestra ensayada para cargas normales - deberá calcularse dividiendo la carga promedio aplicada de las:

- 1) 5 muestras de testigo o control a los 0.40 mm. de deslizamiento, entre 1.6
- 2) 5 muestras de comportamiento a la humedad a los 0.40 mm. de deslizamiento, entre 1.33
- 3) 5 muestras de control en rotura, entre 3.0

- 4) 5 muestras de comportamiento a la humedad en rotura, entre
2.5

Para cada especie de madera probada se sacará un promedio de los valores de las cinco muestras determinadas para en cada uno de los cuatro grupos arriba calculados. Los valores básicos de diseño por diente, clavo, saliente, o centímetro cuadrado de placa de la especie bajo consideración deberá ser el valor menor que se obtenga entre esos cuatro grupos. Los valores de diseño así obtenidos, deberán ajustarse para cargas continuas.

406 Formas de Reporte.

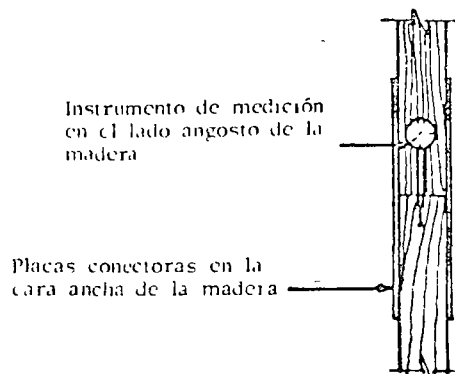
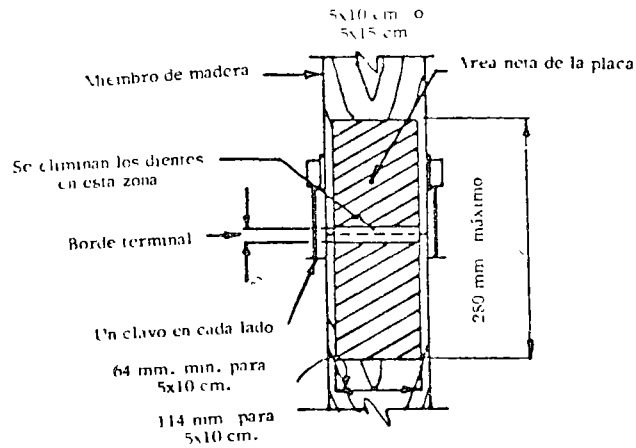
- 406.1 En el apéndice C se muestran esqueletos reportes y formas de evaluación de los resultados del ensayo.

500 PRUEBA DE CARGA EN ARMADURAS COMPLETAS

501 Generalidades

- 501.1 Las pruebas de carga en armaduras completas, solamente se requieren para verificar las características del comportamiento de las armaduras de madera en claros críticos.

- 501.2 Para obtener la aprobación de las armaduras de madera de diversos claros y pendientes fabricadas de acuerdo con estas especifica



Eliminar de manera uniforme todos los dientes en el área correspondiente al borde de los dos miembros de madera.

El valor básico del clavo se determina por la resistencia lateral de los clavos que quedan dentro del área neta de la placa.

EVALUACION POR ENSAYO A TENSION DE LAS PLACAS CONECTORAS

FIGURA No. 5

ciones, y permitir que las dependencias que otorgan los permisos de construcción evalúen la eficiencia del sistema de conectores de placa, la aceptación inicial del mismo puede requerir efectuar -- pruebas en armaduras completas.

501.3 El objeto de las pruebas de carga, consiste en evitar tener que hacer pruebas posteriormente en todas y cada una de las variaciones de una forma de armadura, y con los resultados así obtenidos, establecer criterio de diseño sin tener que recurrir posteriormente a múltiples ensayos.

501.4 Debe efectuarse una prueba en armaduras completas del tipo FINK o HOWE, en los claros críticos, que estén diseñadas de acuerdo con estas especificaciones, y fabricadas en todas sus partes con madera de 5 x 10 y con pendientes en la cuerda superior de 10° y 20° los métodos descritos, asegurarán la aprobación del sistema de placas conectoras.

501.5 Cuando así sea requerido, se podrán efectuar pruebas de armaduras completas por un Ingeniero legalmente autorizado y de probada competencia, y los resultados deben cumplir o exceder las condiciones mencionadas en los párrafos 502 y 503.

501.6 Siempre que sea posible, las pruebas por carga deberán efectuarse en un local techado. Cuando ello no sea posible, habrá que dar

una adecuada protección contra la humedad para evitar los efectos adversos de la misma en las armaduras, así como prevenir variaciones en la carga, debidas a la absorción de agua por las unidades de carga. Las unidades de carga deberán separarse para evitar un posible efecto de pandeo.

501.7 Generalmente, resulta conveniente efectuar las pruebas en un par de armaduras. Sin embargo, es el fabricante el que debe determinar si el método de ensayo se hace con una o con dos armaduras.

502 PRUEBA CON UNA ARMADURA DOBLE

502.1 Deberá efectuarse una prueba en dos armaduras firmemente apoyadas. Estas dos armaduras deberán colocarse a una distancia de 60 cm. a 120 cm. entre centro y centro, teniendo el espaciamiento amplio, con el propósito de lograr estabilidad y seguridad durante el ensayo. Deberán tomarse precauciones necesarias para lograr que los soportes sean lo más estable posible y que las armaduras estén montadas en tal forma que permitan, tanto como sea posible, distribuir uniformemente la carga sobre los apoyos. La cuerda superior deberá recubrirse con tablero contrachapado (triplay de 16 mm. o menos) de espesor. La hoja de triplay deberá clavarse en el centro de la cuerda superior de ambas armaduras, con clavos de 2 ó 2½" a una distancia menor de 200 mm., centro

a centro. Las hojas deberán tener una separación mínima de 3 mm.

Ya sea arriba o por abajo de la cuerda inferior de la armadura, deberá contraventearse con tiras o largueros transversales de 2.5 x 7.5 cm., manteniendo una separación no menor de 40 cm., entre centro y centro. Este contraventeo deberá efectuarse en ángulo recto respecto de las armaduras para simular el efecto del ciclo raso. Como medida de seguridad, podrán instalarse miembros de contraventeo interiores o exteriores, para evitar el ladeo, pero deberán colocarse en forma tal, que no impida la libre deflexión que se producirá en la armadura, a consecuencia de las cargas aplicadas.

502.2 Deberán leerse y anotarse las deflexiones, en la cuerda inferior de cada armadura en el punto de apoyo de todos los claros, en el centro de la armadura y al centro de los entrenudos exteriores. Las lecturas de las pruebas de deflexión por carga se determinan promediando entre sí las deflexiones de ambas armaduras en cada punto donde se toman las mismas. Los resultados de estos promedios, pueden compararse con las deflexiones permisibles al determinar la carga de prueba requerida. Cualquier otra lectura adicional podrá tomarse a discreción del fabricante.

502.3 Si para hacer las lecturas de deflexión se utiliza un alambre tenso,

el montaje del alambre deberá efectuarse en los soportes de ambos extremos, debidamente arreglados para que ejerza una tensión constante en el alambre por medio de poleas y contrapesos. Deberá tenerse cuidado de no cometer errores de paralaje al efectuar las lecturas.

No deberá emplearse un eslabón giratorio, debido a que permite una tensión variable y combado en el alambre con los cambios de temperatura.

En el caso en que la medición de las deflexiones se haga con manómetros, deberá tomarse nota de los asentamientos en los cuatro soportes. Las lecturas con manómetros serán corregidas, entonces, de acuerdo con las correspondientes de los asentamientos en los cuatro soportes. Se podrá emplear cualquier otro método para medir deflexiones, siempre que tengan la misma precisión que los señalados.

503 PRUEBA EN UNA SOLA ARMADURA

503.1 Puede efectuarse la prueba en una sola armadura, en vez de un par, como se describió antes, en el párrafo 502. La prueba de una armadura simple puede efectuarse en una plataforma debidamente dispuesta y la carga puede aplicarse uniformemente o concentrarse en puntos a lo largo de las cuerdas. Las cargas concentradas deberán aplicarse a puntos espaciados entre sí a una distancia

cia no mayor que un tercio del espaciamiento de los claros de entrenudos.

La cuerda superior puede recubrirse para simular el contraventeco lateral que se ejerce en las condiciones normales de uso de las armaduras, o bien en su lugar, podrán emplearse soportes o ménulas que no provoquen fricción. Si se recubre la cuerda superior deberá emplearse triplay de 16 mm. de espesor o menos en piezas de 60 x 120 cm. (2' x 4').

Las piezas de triplay deberán clavarse en la cuerda superior, dejando una separación mínima de 3mm. entre una y otra, utilizando clavos de 2 ó 2½" a una distancia no menor de 20 cm. de centro a centro. El procedimiento para medir las deflexiones y efectuar las lecturas correspondientes deberá ser similar al descrito antes en la sección 502.

504 PROCEDIMIENTO PARA EFECTUAR PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

504.1 Tan pronto como se haya montado el ensamble de prueba, se procederá a medir y anotar la contraflecha en cada uno de los puntos en donde se tomarán las medidas de deflexión. Cualquier requerimiento de carga en desvanes deberá considerarse como carga muerta y aplicarse a la cuerda inferior. Las deflexiones de las cargas muertas podrán tomarse inmediatamente o esperar entre 24 y 48 horas para establecer la posición "básica cero de carga muerta" a la

que nos referimos como CMB.

- 504.2 Con la carga muerta aplicada en la armadura, se comienza a aumentar la misma en intervalos de 50 kg/m^2 , hasta alcanzar el valor total de la carga viva de diseño.

Hay que aplicar los incrementos de carga en períodos uniformes - de tiempo, en tal forma que se emplee, aproximadamente, media - hora en alcanzar la carga total de diseño. La deflexión máxima - permisible de diseño por carga viva en el centro $L_s/360$ cuando - se usa repello en el cielo raso. Cuando se utiliza un tipo de cie - lo raso flexible (incluyendo tablero de yeso), la deflexión permiti - da es de $L_s/240$.

- 504.3 Se continúa agregando carga a la armadura hasta llegar a 2.0 ve - ces la carga viva de diseño. La armadura deberá de ser capaz - de soportar esta carga durante tres horas, sin que su deflexión - exceda los valores $L_s/180$ o $L_s/120$, para repello o cielo raso -- flexible, respectivamente.

- 504.4 A continuación se quita la carga viva aplicada y, en un período de tres horas, la armadura deberá recobrar una deflexión de $L_s/360$ o $L_s/240$, respectivamente, con relación a la CMB. (Nota: Es - ta lectura final de recuperación debe efectuarse con la carga muer - ta aplicada en la armadura).

505 PROCEDIMIENTO A SEGUIR EN PRUEBAS DESTRUCTIVAS

- 505.1 Las pruebas destructivas de armaduras, realizadas de acuerdo a la descripción que aquí se hace, serán realizadas sólo cuando las pruebas no destructivas ya se hayan efectuado. Solamente se requieren tres pruebas de destrucción de la pieza, para evaluar una placa de conexión determinada.
- 505.2 Vuelva a cargar la armadura de prueba con la carga muerta agregándole dos veces la carga viva de diseño, seguidamente se aumenta la misma en incrementos de 50 kg/m^2 a intervalos de 10 minutos o más, de acuerdo con el criterio del fabricante, hasta que ocurra el colapso. La armadura debe ser capaz de resistir la carga muerta más 2.5 veces la carga viva de diseño. Las tres pruebas destructivas de calificación deberán efectuarse hasta la fractura para determinar la forma de la misma.

RECOMENDACIONES DE CARGAS MINIMAS DE DISEÑO

Estas cargas se recomiendan en vez de otros criterios de diseño-
que sean más apropiadas al área o condiciones específicas en don-
de se levante la construcción. En algunos casos pueden requerir-
se, cargas menores pero en otras, pudieran requerirse valores --
más altos.

- A Las cargas de acuerdo a lo que aquí se recomienda son para arma-
duras de madera unidas con placas metálicas. Estas cargas debe-
rán basarse en la proyección horizontal del área y aplicadas verti-
calmente. Las cargas vivas de techo cumplen con los requisitos del
"ANSI Standard A 58.1", "Cargas Mínimas de Diseño en Edificios y
otras Estructuras".

Carga viva de techo (Considerada como cargas de nieve o carga viva durante la construcción)	100 kg/m ²
Carga muerta en la cuerda superior (peso de los materiales)	35 kg/m ²
Carga adicional por techumbre pesada	25 kg/m ²
Carga muerta en la cuerda inferior (peso de los materiales, o)	50 kg/m ²
Desvanes habitables	150 kg/m ²
Desvanes que no son habitables	100 kg/m ²

Techos accesibles
(carga móvil concentrada)

90 kg/m²

Techos no accesibles

Sin carga viva

- B Como desvanes habitables se definen aquéllos espacios, el ático de la casa, con acceso por una escalera, con una altura interior libre mínima de más de 1.5 m. y suficiente capacidad para alojar un prisma rectangular de 2 m. de alto, por 2m. de ancho y 2.5 m. de largo libre de miembros estructurales.
- C Los desvanes no habitables son aquellos espacios en el ático de la casa a los que se llega por una escalera de acceso y tienen una altura interior libre mínima de más de 1.5 m. pero sin capacidad para alojar el prisma antes referido.
- D Los techos accesibles son aquellos que tienen una abertura de acceso o escotilla y una altura interior libre mínima, de 1.5 m. o más.
- E Los techos no accesibles son aquellos cuya altura interior es menor de 1.5 m.
- F Toda armadura debe diseñarse para soportar una fuerza mínima de levantamiento por viento, de 58 kg/m².

G Al diseñar armaduras para techos con una pendiente mayor de 30° , deberán considerarse cargas positivas por viento y nieve (pero nunca actuando simultáneamente).

H Al calcular armaduras que trabajan como vigas de carga, es permisible una reducción del valor de la carga viva total de diseño, basándose en cierta área tributaria de piso, de acuerdo con la tabla que se incluye. Esta reducción no debe considerarse, además, de la correspondiente que se permite para columnas, ni tampoco se aplicará al diseñar construcciones que se utilizarán como almacenes y/o cualquier otro propósito similar.

Reducción permisible	Area tributaria de piso
5%	10 m ²
10%	20 m ²
15%	30 m ²

CUADRO DE RESULTADOS DE PROPIEDADES MECANICAS

16 de Septiembre de 1971

ESPECIE (Nombre común y botánico)	Sitio de Recolección	Arboles		Condi- ción de duramen	Condi- ción de humedad	Flexión Elástica					Resistencia al Impacto				Compresión paralela al grano			Esfuerzo de tracción a lo largo del eje principal	Esfuerzo de tracción a lo largo del eje secundario	Resistencia a la rajadura	Dureza		Resistencia a la extracción de clavos		Resumen de propiedades mecánicas	
		Nº	Nº			%	%	Esfuerzo en el eje principal Kg/cm²	Modulo de Ruptura Kg/cm²	Modulo de Ruptura Kg/cm²	Trabajo Kg/cm²	Trabajo a lo largo del eje principal Kg/cm²	Trabajo a lo largo del eje secundario Kg/cm²	Trabajo a lo largo del eje terciario Kg/cm²	Esfuerzo en el eje principal Kg/cm²	Esfuerzo en el eje secundario Kg/cm²	Esfuerzo en el eje terciario Kg/cm²				Kg	Kg	Kg/cm	Kg		Kg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Albizia leucodermis (Swartz)	Aguayo D.F.	3			156.00	151.53	374.96	443.00	0.05	0.49	1.52	102.39	0.22		127.54	148.39	60.40	89.15	10.14	3.48	5.63					0.39
"	D.F.	3			13.00	372.87	841.25	718.50	0.11	0.69	1.29	101.92	0.20		263.40	370.53	142.50	61.56	19.79	3.53	7.19					0.39
Albizia leucodermis	Aguayo, D.F.	2			108.00	265.18	489.12	541.30	0.08	0.93	2.27	116.75	0.32		152.09	197.25	89.90	47.60		6.25	6.62					0.36
"	"	2			13.00	592.03	959.40	1045.30	0.19	1.11	1.54	125.10	0.24		353.09	410.11	811.00	102.23		5.67	10.46					0.36
Albizia leucodermis	Nichoadá	2			128.06	274.00	433.00	789.00	0.46		2.75	163.15	0.25	1.08												0.45
"	"	2			12.00	506.00	871.00	1071.00	1.11		2.23	157.00	0.22	0.59												0.45
Albizia leucodermis	Malillo, Puebla y Nichoadá	6	2.6	0	151.00	337.16	397.91	866.20	0.519	0.27	2.19	122.11	0.381	0.33	160.3	204.5	341.00	21.38	54.97	23.25	36.52	215.00	146.00			0.45
"	"	6	2.6	0	12.00	574.81	841.63	1152.10	0.560	0.60	1.78	117.53	0.274	0.24	353.5	512.9	941.00	66.57	74.94	23.12	39.19	340.30	464.20			0.44
Albizia leucodermis	Nichoadá	2			100.70	395.00	511.00	764.00	0.55		3.00	155.66	0.245	0.97								333.40	345.83	40.00	30.17	0.46
"	"	2			12.00	459.00	825.00	1056.00	0.72		2.63	199.00	0.245	0.94								207.00	200.00			0.46
Albizia leucodermis	Puebla	2			841																	344.00	450.60			0.46
"	"	2			13.00			847.87																		0.37
Albizia leucodermis	Puebla	2			841	332.37	633.88	757.06	0.04	0.67		126.20	0.29	1.55	196.98	222.82	268.00	47.56			7.59					0.37
"	"	2			12.00	593.44	1408.52	1352.51	0.13	1.19		129.87	0.24	0.87	417.37	500.33	464.15	63.24			8.81					0.43
Albizia leucodermis	Tehuacan Puebla	6	3.6	61	185.00	227.58	347.54	818.3	0.034	0.357	2.05	125.95	0.33	0.31	143.4	189.50	530.00	19.92	50.61	21.73	30.30	207.90	197.80	47.44	22.75	0.37
"	"	6	3.6	61	12.00	496.12	738.80	1094.5	0.143	0.672	1.79	110.34	0.28	1.37	340.6	451.90	722.00	51.27	61.79	23.78	35.43	252.45	321.61	36.60	25.94	0.37
Albizia leucodermis	Tehuacan, Puebla, Ridalgo	6	2.9	6	117.00	315.54	331.06	1146.4	0.090	0.361	2.81	138.50	0.45	0.43	245.7	267.1	841.00	35.85	19.37	29.11	37.90	321.40	298.50	70.49	40.45	0.50
"	"	6	2.9	6	12.00	594.66	1028.61	1433.9	0.190	0.813	2.62	167.06	0.40	0.92	437.3	668.0	1237.00	81.34	88.03	30.85	46.92	442.34	516.97	49.74	37.82	0.50
Albizia leucodermis	Sierra de Juárez, San Pedro Mártir	6	5.1	12	163.00	495.46	381.63	729.8	0.040	0.123	3.13	110.29	0.49	0.56	151.3	177.6	312.00	28.54	11.69	22.97	28.56	209.00	181.60	39.51	21.48	0.39
"	"	6	5.1	12	12.00	523.90	778.11	937.6	0.145	0.613	1.55	115.27	0.24	1.02	317.75	457.8	732.00	70.24	72.04	28.32	43.80	261.46	299.25	34.59	25.86	0.39
Albizia leucodermis	D.F., Puebla y Mé. de México	6	2.2	0	173.00	374.75	374.89	723.2	0.042	0.206	2.42	99.12	0.38	0.34	149.70	184.0	491.00	27.21	87.50	25.35	37.04	213.30	244.10	66.52	25.97	0.40
"	"	6	2.2	0	12.00	522.87	778.81	1047.4	0.147	0.567	1.65	113.50	0.25	1.01	350.93	472.5	830.00	65.87	69.61	25.00	37.51	269.36	316.40	35.23	26.37	0.40
Albizia leucodermis	Derango	1			70.47						5.16	158.10	0.76	0.53	309.98	326.42	362.57	199.96								0.71
"	"	1			15.68						6.52	156.42	0.97	0.73	288.52	301.12	507.74	137.01								0.71
Albizia leucodermis	Derango	4			81.11						7.26	174.56	1.11	1.59												0.61
"	"	4			13.97																					0.61
Albizia leucodermis	Nichoadá	2			95.44	325.00	507.60	770.00	0.04		2.62	187.00	0.202	0.799								241.5	227.0			0.61
"	"	2			12.00	485.00	890.00	970.00	0.109		1.94	169.00	0.294	0.596								401.2	515.7			0.61
Albizia leucodermis	Jalisco	6									2.26	143.26	0.350	0.31	271.3	288.95	45604.72	70.159			16.890					0.410
"	"	6									2.30	158.30	0.367	0.91	378.80	436.16	91612.75	96.146			24.187					0.410
Albizia leucodermis	Jalisco	6									2.85	131.73	0.352	0.30	232.35	245.36	12501.10	50.455			15.953					0.394
"	"	6									2.50	139.62	0.354	1.10	317.13	340.55	21402.13	72.957			22.001					0.394
Albizia leucodermis	Derango	6			175.8						2.16	126.91	0.340	0.32	204.55	223.07	30302.10	39.190			14.834					0.410
"	"	6			15.03						2.18	130.44	0.327	1.14	289.07	272.61	11091.31	64.169			20.744					0.410
Albizia leucodermis	Derango y Chilobasco	6			192.3						2.18	116.10	0.342	0.32	172.55	169.57	27882.57	40.751			14.954					0.394
"	"	6			15.12						1.97	114.72	0.259	1.19	269.76	230.69	31183.26	56.203			21.058					0.394
Albizia leucodermis	Derango y Chilobasco	6			188.3						2.25	115.74	0.356	0.35	160.92	173.63	24829.09	38.750			13.426					0.378
"	"	6			15.66						1.91	106.34	0.337	1.06	246.61	238.13	34356.50	60.870			20.900					0.378
Albizia leucodermis	Derango y Chilobasco	6			189.7						2.63	121.94	0.416	0.35	181.82	194.83	29345.79	42.438			14.497					0.395
"	"	6			15.64						2.04	114.49	0.295	1.13	262.34	280.86	43330.55	65.532			19.199					0.395

APENDICE C-1

REGISTRO PARA LA EVALUACION DE LAS PLACAS		MUESTRA No _____
DESIGNACION DE LA PLACA _____		Página _____ de _____
TAMAÑO _____ CALIBRE DE LA LAMINA _____		Fecha _____ por _____
CLAVOS EFECTIVOS _____ CONT. DE HUMEDAD _____		Duración: _____
ESPECIE DE MADERA _____ PESO ESPECIFICO _____		Comienzo _____
		Final _____
		Tiempo _____
		Empleado _____

CARGA aplicada en kg.	LECTURA DEL MEDIDOR (mm.)					OBSERVACIONES
	1	2	3	4	Promedio	
0						
200						
400						
600						
800						
1000						
1200						
1400						
1600						
1800						
2000						
2200						
2400						
2600						
2800						
3000						
3200						
3400						
3600						
3800						
4000						
4200						
4400						
4600						
4800						
5000						

INFORMACION SOBRE LAS PLACAS

Grueso promedio _____ mm.
 Límite elástico promedio _____ kg/cm²
 Resistencia promedio a la ruptura _____ kg/cm²

RESUMEN DE LA EVALUACION DE LAS PLACAS				Laboratorio _____	
Designación de la Placa _____ Tamaño de la Placa _____ Método de Ensayo _____ Calibre de la Placa _____				Reporte No. _____	
				Recopilado por _____	
				Fecha _____	
Figura 5		Area Neta		Especie de la Madera _____	
				No. de clavos efectivo _____	
				SP.GR. Apéndice B _____	

MUESTRA DE CONTROL			R U P T U R A			Deslizamiento de madera contra madera en 0.80 mm.			TIPOS DE FRACTURA
Muestra Número	Porciento humedad	Peso espe cífico	Carga en la unión	Kg. por clavo	Kg/clavo 3.0	Carga en la unión	Kg. por clavo	Kg/clavo 1.33	
SP.GR. Promedio			X			X			Valor promedio por clavo Kg/clavo

PRUEBA DE COMPORTAMIENT TO POR LA HUMEDAD			R U P T U R A			Deslizamiento de madera contra madera en 0.80 mm.			TIPOS DE FRACTURA
Muestra Número	Porciento humedad	Peso espe cífico	Carga en la unión	Kg. por clavo	Kg/clavo 2.5	Carga en la unión	Kg. por clavo	Kg/clavo 1.33	
S.P. G.R. Promedio			X			X			Valor promedio por clavo Kg/clavo

VALOR DE DISEÑO: _____ Kg/clavo
_____ Kg/cm²

PREFACE

This publication has been prepared by the Princes Risborough Laboratory and is being considered by the British Standards Institution as a Code of Practice. Because of the increasing use of trussed rafters it has been published by PRL to assist producers, users and approving authorities until the BS Code of Practice is available.

An extensive study of the behaviour of trussed rafters under test has established that conventional structural analysis does not fully reflect their performance, and to this degree trussed rafters can be regarded as structures not amenable to calculations within the meaning of Clause 6.2.1 of BS Code of Practice CP 112:1971.

The spans given in the Tables in this paper represent an increase over those which will generally be obtained by structural analysis using stress values contained in CP 112:1971. The spans will be safe as long as the specified loadings are not exceeded and as long as adequate steps are taken to ensure that the materials used and the methods of fabrication and erection followed are in accordance with the provisions of this paper.

In the present revision the permissible spans have been amended to cater for the loadings specified in the proposed amendment to CP 3:Chap V:Part 1 which would require ceiling joists to be designed for an imposed load of 250 N/m^2 together with a concentrated load of 0.9 kN over a length of 125 mm . The spans satisfy the loading requirements of both the present CP 3:Chap V:Part 1 and the 7th Amendment to the Building Regulations (1972) which makes CP 3:Chap V:Part 1 a mandatory requirement. They will also satisfy the proposed amendment to CP 3:Chap V:Part 1 if and when it is adopted.

IT MUST BE EMPHASISED THAT WHEN USING THE PERMISSIBLE SPANS GIVEN IN THIS PAPER PARTICULAR ATTENTION MUST BE GIVEN TO THE METHODS OF ENSURING THAT THE QUALITY OF THE MATERIAL USED CONFORMS TO THE RECOMMENDATIONS OF THIS PAPER.

TRUSSED RAFTERS FOR DWELLINGS

FOREWORD

For the purpose of this Paper trussed rafters are light-weight truss units spaced at intervals generally not exceeding 0.6 m and made from timber members of uniform thickness fastened together in one plane by metal or plywood gussets. The metal gussets may be either punched metal plates with integral teeth or simply plates with holes through which nails are driven into the timber. The plywood gussets may be nailed or glued to the timber to form the joints.

Trussed rafters require to be supported only at their ends so that there is no need to provide load bearing internal walls. Purlins and ridge boards etc are dispensed with and in comparison with more traditional methods of construction they use less timber and considerably reduce on-site labour. Because of these advantages trussed rafters can be expected to replace to a large extent other forms of construction for house roofs. Most trussed rafters will be fabricated under factory conditions so that attention should be directed as far as possible towards achieving a degree of standardisation of spans and pitches. This will assist considerably in achieving efficient designs, with production and marketing, and should be reflected in lower costs.

It must be emphasised that trussed rafters are engineering structures, and reliable units can only be produced if attention is given to quality control of materials, and to control of the production operations. Undoubtedly costs can be reduced by ignoring these factors, and users should ensure that lower cost is not achieved simply at the expense of quality and performance. While it is the responsibility of the manufacturers to maintain adequate controls, the use of trussed rafters also requires greater care in storage, handling and erection from the builder than is perhaps normally exercised with traditional carcassing work.

Trussed rafters were introduced into the United Kingdom some seven years ago, and are now accepted as satisfactory structures for domestic roofs. Experience with their use has been much longer - upwards of twenty years - in North America where they have become a widely established method of roof construction. It is desirable that we should take advantage of this experience as far as possible, particularly in relation to simplified methods of design. No rigorous method of design is available which can be generally employed. The main difficulty arises because of the additional basic data which are required on the properties of the materials and joints. These data are not available and to derive them would take a considerable period of time. Delays in introducing and gaining approval for a system of construction which has proved to be satisfactory must be avoided and this paper has been prepared with the added object of providing a guide by which approving authorities can assess the adequacy of particular constructions.

1. GENERAL

1.1. SCOPE

This Paper deals with the design, fabrication and erection of trussed rafters for dwellings. It is also applicable to other buildings where the environment and service conditions are similar. It is based on the results of recent research, prototype testing, and on experience gained with the use of trussed rafters. It recommends maximum spans for a range of member sizes which may be used under certain specified conditions without further calculations or proof testing, providing that the joints have sufficient strength. Whilst trussed rafter systems can have a variety of geometrical configurations to produce mono- or duo-pitched roofs, this Code deals primarily with the symmetrical Fink or 'W' configuration, and the symmetrical Fan configuration, as shown in Figure 1, at centre spacings generally not exceeding 0.6 m. Much of the information in the Paper may equally be applied to other configurations after due assessment by an Engineer experienced in the use of timber for structural purposes.

1.2. ASSESSMENT OF STRUCTURAL ADEQUACY

The following approaches to establishing structural adequacy are equally acceptable:

- a. Engineering calculations based on established methods of structural analysis, or as given in Section 5 of this Paper, and using data on material properties and joint strength characteristics as given in CP 112. This may need to be supplemented by additional data determined by a recognised independent testing authority.
- b. Prototype testing of full-size units in accordance with the procedure described in Section 6 of this Paper.

2. MATERIALS

2.1. REFERENCES

The materials used should comply with the appropriate British Standards, where such exist. The following is a list of Specifications relating to timber and accessories for use therewith.

CP 112:1971	The Structural Use of Timber
CP 3	Chapter V, Part 1. Loading, Dead and Imposed Loads
CP 3	Chapter V, Part 2. Loading, Wind Loads
CP 98	Preservative Treatment for Constructional Timber
CP 142	Slating and Tiling
BS 4169	Glued-Laminated Timber Structural Members
BS 4471	Metric Units. Specification of Dimensions for Softwood
BS 565	Glossary of Terms Relating to Timber and Woodwork
BS 1204	Part 1. Synthetic Resin Adhesives (phenolic and amino-plastic) for Wood. Gap-filling Adhesives
BS 1282	Classification of Wood Preservatives and their Methods of Application
BS 1449	Part 1B:1962. Steel Plate Sheet and Strip
BS 2989	Hot-dip Galvanised Plain Steel Sheet and Coil
BS 4512	Methods of Test for Clear Plywood
PD 6290	New Designation System for Stainless Steels

2.2. SPECIES OF TIMBER

The species of timber which can be used for trussed rafter construction are limited by the ability to form satisfactory joints. Suitable species, normally used for carcassing work, are given in Table 1. In addition other species may be used with the approval of the recognised authority.

TABLE 1

Standard Name	Botanical Species	Approx density at a moisture content of 18% (kg/m ³)
*Western hemlock (commercial)	<i>Tsuga heterophylla</i>	530
European redwood	<i>Pinus sylvestris</i>	540
European whitewood	<i>Picea abies</i> } <i>Abies alba</i> }	510
Canadian spruce	<i>Picea glauca</i> } <i>Picea sitchensis</i> }	450
Douglas fir	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	560

* May include western balsam (*Abies* spp) and some mountain hemlock (*Tsuga mertensiana* Carr)

2.3. GRADE OF TIMBER

Any grade of timber complying with the requirements of the stress grades given in CP 112:1971 is suitable for trussed rafters.

All timber should be visually graded in accordance with Clauses A6 to A17 of CP 112 or machine graded in compliance with Clause A18 to the bending stress levels appropriate to the grade as specified in CP 112. All timber shall be face stamped with the appropriate BS grade mark by the British Grading Authority or with the approved grade marking by acceptable foreign agencies. Any piece of timber which has not obviously been taken from face stamped stress graded stock, or has been resawn from larger sizes after grading shall be visually stress graded on the finished truss in accordance with Appendix A of CP 112:1971.

Rafters and ceiling ties should be graded to the recommendations for beams, but no increase in the size of knots outside the middle third of their length should be permitted.

Internal struts and ties should be graded as compression and tension members respectively, except that where the stress in the internal members can be shown by calculation to be less than one-half of the allowable grade stress, the knot size should be limited to that for edge, arris and splay knots as defined in CP 112 considering each surface of the member as an edge.

Dead knots or knot holes shall not be permitted within the areas of metal plate fasteners.

Live knots are permitted within the plate areas provided that the nails or teeth can be satisfactorily embedded in the material of the knots. In addition, if the force on the fastener is acting towards the end or edge of the member, the distance between a knot and that end or edge shall not be less than the maximum dimension of the knot in the direction of the force.

Wane should not occur on the top edges of the rafters nor the bottom edges of the ceiling tie, nor within the areas of any joints.

Fissures should not occur within the area of metal plate fasteners.

Timber less than 60 mm in depth or 35 mm in thickness after processing at 20 per cent moisture content should not be used for trussed rafter construction.

The species and grades of timber to be used should be specified on the appropriate design sheets and drawings.

2.4. PLYWOOD

2.4.1. GENERAL

The species and grades of plywood suitable for trussed rafter construction are given in Table 2. The species and grade to be used should be specified on the appropriate design sheets and drawings. Where it is proposed to use other plywoods for stressed members, guidance on their properties and suitability should be sought from appropriate authorities.

TABLE 2
Grades of Plywood

Species	Grade	Description	Bond
Douglas fir (Canada)	Good 2 sides	Exterior	Complying with Canadian Standard 0121
	Good 1 side		
	Solid 2 sides		
	Solid 1 side Sheathing		
European birch and birch faced (Finland)	BB BB/WG WG	Finply Exterior WBP and Finnish birch faced exterior WBP	Complying with Finnish Standard O IV I and BS 1204

2.4.2. PLYWOOD GUSSETS

For glued plywood gussets the following defect limitations should apply:-

- a. No hole or dead knot larger than 9 mm diameter should be permitted in either face veneer.
- b. Splits in either face veneer should not be longer than one-quarter of the side to which they are parallel.

2.5. FASTENERS

Punched metal plate fasteners and metal plate gussets should bear the manufacturer's identification mark. The manufacturer should exercise adequate control to ensure a consistent standard of product as regards quality of steel, plate thickness and teeth profile as appropriate. No significant incipient cracks should be permitted at teeth-plate junctions and teeth should have an adequate degree of ductility at these points. Metal plates with a thickness less than 0.91 mm should not be used for fasteners for domestic roofs.

The material used for the fasteners shall be hot-dip galvanised plain steel sheet or coil to Class 2A of BS 2989:1967. Alternatively bare austenitic steels of Groups 302S25, 304S15 and 316S16 to BS 970: Part 4:1970 may be used. No changes should be made in plate material, manufacture or design without re-assessing the joint characteristics.

The nails used with metal plate gussets and nailed plywood gussets should also be protectively coated against corrosion by hot-dip galvanising, sherardising, parkerising or similar treatment.

2.6. ADHESIVES

The adhesive used for plywood gusset constructions should be of resorcinol or phenol-resorcinol type or other compositions with performance type WBP of BS 1204:Part 1.

3. FUNCTIONAL REQUIREMENTS

3.1. LOADING

Trussed rafters should be designed to carry the dead and imposed loads specified in CP 3:Chap V: Parts 1 and 2.

3.1.1. DEAD LOAD

Separate estimates should be made of the dead load acting on rafters depending upon the type of tiles or other roof coverings used, but it is recommended that to achieve standardisation the dead loads, where tiles are used, should have minimum values of 0.575 kN/m² for the tiles plus 0.11 kN/m² for the felt, battens, etc, the area being measured along the slope of the roof. Provision should be made for the ceiling tie to sustain a dead load of not less than 0.25 kN/m². The weight of water tanks and their contents shall be considered as dead load in addition to the 0.25 kN/m² specified.

3.1.2. IMPOSED LOAD

For ceiling ties the concentrated load of 0.9 kN acting along a length of 125 mm as specified in CP 3 Chap V:Part 1 should be considered as of short term duration. It should be assumed to act in any position where there is a headroom of 1.2 m or more. For Fink and Fan trussed rafters where the rise of the truss is less than 2.4 m the concentrated load should be assumed to act in the centre bay of the ceiling tie only. The imposed load of 0.250 kN/m² should be considered as a long term duration load.

For rafters the concentrated load of 0.9 kN acting over a square with a side of 300 mm as specified in CP 3:Chap V:Part 1 should be considered as of short term duration and assumed to act anywhere along the length of the rafter member. Snow load should be considered as a medium term duration load.

For design purposes only one concentrated load should be assumed to act on a trussed rafter at any one time either on the ceiling tie or the rafter member in conjunction with the uniformly distributed load on the other member.

The wind loading requirements of CP 3:Chap V:Part 2 should also be complied with.

3.1.3. DESIGN LOAD

Trussed rafters should be designed to carry the sum of the dead and imposed loads in all combinations in which they may reasonably be expected to occur.

Trussed rafters should also be capable of resisting without damage the forces and deflections generated, assuming reasonable care, during handling, transportation and erection.

3.2. DEFLECTION

Under the uniformly distributed dead and imposed design loads on rafters and ceiling ties the maximum long term deflection in the ceiling tie should not exceed 0.003 of the full span unless otherwise specified. Notwithstanding this limitation the deflection at any node point under the long term loading only shall not exceed 10 mm, except in the case of a ceiling tie where camber is provided.

3.3. PRESERVATIVE TREATMENT

It is not generally required that roof timbers should be treated with preservative except in areas of England and Wales specified by the Building Regulations 1972 to prevent infestation by the house longhorn beetle (*Hylotrupes bajulus* L.). Where treatment is required it should satisfy the requirements of Regulation B4 of the Building Regulations 1965. In addition the type of preservative used should not lead to accelerated corrosion of metal plates or nails nor adversely affect glued joints. If a water-based preservative is employed then the timber should be dried to a moisture content of not more than 22 per cent before assembling, and to 15 per cent in the case of glued plywood gusset construction. Sawn ends should be appropriately treated before assembly.

4. FABRICATION

4.1. GENERAL

Drawings should be available showing the dimensions and positioning of the metal plates or gussets together with the number of effective teeth, 'bursts' or nails required in each member at each joint.

Fabrication should be in accordance with the design, specification and drawings, and no departures by way of reductions should be permitted with regard to truss dimensions, member sizes and joint details outside the tolerances given in this Paper. The species and stress grade of timber should also be in accordance with the design specification and drawings.

4.2. INSPECTION

The purchaser and his authorised representatives should have access at all reasonable times to all places where the work is being carried out and shall be provided by the contractor with all the necessary facilities for inspection during fabrication.

4.3. MOISTURE CONTENT

The moisture content of the timber at fabrication should not exceed 22 per cent, and where glued plywood gusset joints are used the timber and plywood should have a moisture content within the range 10 to 15 per cent. For end joints in timber see Clause 4.5.

4.4. TIMBER

The minimum finished dimensions for the category of timber specified when measured at a moisture content of 20 per cent should be in accordance with BS 4471. All timber members should have a uniformity in thickness and depth of ± 0.5 mm on the specified dimensions, and in abutting pieces differences in thickness in excess of 1 mm should not be permitted for metal plate and nailed plywood gussets and 0.5 mm for glued plywood gussets. In all timber members the following distortion limits should not be exceeded:-

Spring 5 mm per 3 linear m
Bow 10 mm per 3 linear m

Twist 3° per 3 linear m
Cup 2 mm per 100 mm width of face

4.5. ASSEMBLY

Assembly should follow the standard procedure using the tables, presses, etc, associated with the particular jointing device.

All members should be square cut or bevelled to ensure firm contact at the abutting surfaces of the joints and should be accurately cross-cut to length with a tolerance of ± 1.5 mm. Square-cut members may be used with plywood gussets where adequate provision is made for the plywood to sustain any additional forces arising therefrom.

Within each specified design the horizontal and vertical dimensions should not deviate in each batch by more than ± 6 mm on spans up to and ± 9 mm on spans greater than 7.5 m.

All joint plates and gussets should be of at least the size specified, and should be located to ensure that the correct number of effective nails, teeth or bursts as required by the design are embedded in each member (see Clause 5.5). The edges of all plates and gussets should not project beyond the upper and lower edges of the rafter and ceiling tie members respectively.

Metal plate fasteners should be embedded to ensure penetration of the teeth without embedding the plate itself into the surface of the timber for more than one-quarter of its thickness. There should be no significant gap between plate and timber. The lower edge of the plates at an eaves joint which is located above the wall plate or bearing should not be nearer than 3 mm to the lower edge of the ceiling tie.

Glued plywood construction should only be carried out under carefully controlled factory conditions. Assembly should be carried out not longer than 48 hours after the timber is planed and care should be taken to ensure that the surfaces are not contaminated by oil, grease or other substances detrimental to gluing. Provision should be made to retain the gussets in position during curing. Adequate and even pressure should be applied to squeeze the glue joint and to force air out of the joint so that the wood surfaces are brought into firm contact with the glue. Various methods of applying pressure may be used such as clamps, screws or nails. The length, spacing and type of nails and other fasteners should be to the glue manufacturer's satisfaction, and should be in no way inferior to the provisions of CP 112:Clause 324. In all other respects including the mixing, spreading, open and closed assembly times, and curing temperature and time, the assembly should be in accordance with the procedure recommended by the adhesive manufacturer. The glue spreaders, mixing equipment, containers and other equipment should be kept clean at all times and free from contaminating substances. In particular, traces of old adhesive should be removed. Simple washing is not sufficient, and the written advice of the adhesive manufacturer should be sought and followed. In addition, sufficient production control tests, based on strength tests on sample joints should be made on specimens representative of the materials and conditions of each day's production to provide evidence, on request, as to the soundness of the glued joints.

If through misalignment, or the use of incorrect plates or gussets, or for any other reason a unit does not satisfy the general requirements of this Paper it should be rejected.

4.6. END JOINTS

Spliced end joints may be used in ceiling ties and rafters but the splice plates should not project beyond the edges of the members.

Spliced end joints in ceiling ties should be so positioned that their centres are at a distance from a node point of not more than 0.3 nor less than 0.15 of the span between adjacent node points, unless otherwise specified on the design drawings.

Spliced end joints in rafters should be positioned so that their centres are not more than 0.3 nor less than 0.15 of the span of the rafter between node points from the rafter/strut node point, unless otherwise specified on the design drawings.

Glued finger joints may be used provided their strength in bending, expressed as a ratio of the strength of a similar unjointed section free from defects is not less than 50 per cent where 40 grade, composite grade or 50 grade timber is specified, and not less than 65 per cent and 75 per cent where 65 or 75 grade respectively is specified. The adhesive used for the joints should conform to the requirements of Clause 2.6. Glued finger joints should not occur within the joint areas of metal plates or nailed plywood gussets, other than at rafter/strut node points but otherwise no restriction need be placed on their position within the lengths of the members. Glued finger joints should be subject to the same production control as required for glued plywood gusset joints, except that the moisture content of the timber at the time of gluing should not exceed 20 per cent nor should the range in moisture content between pieces to be joined exceed 5 per cent.

Isolated knots not greater in size than one-half the pitch may be permitted within the fingers of a finger joint, otherwise no knots must be nearer to the root of the fingers than three times their maximum diameter.

4.7. CAMBER

The ceiling tie in trussed rafters will not normally be cambered, but where for a particular reason camber is required, this should be specified by the purchaser. Camber should be measured with the trussed rafter laid on its side and unloaded and should be the difference between the underside of the ceiling tie at the centre of the span and a straight line between wall plate bearing positions. A tolerance of + 0.001 times span and -0 on any specified camber should be regarded as acceptable.

5. DESIGN

5.1. GENERAL

It is recognised that a rigorous theoretical analysis of the forces, moments and deflections will generally not be possible. A conservative method has been derived by the Truss Plate Institute Inc, USA* and may be used, subject to modification in accordance with the recommendations of this Paper (see Clause 5.2). A suggested design method is also given in Clause 5.3. A more precise method involving established methods of structural analysis may also be used, including the use of load/slip and moment/rotation characteristics of the individual joints where these have been established by test.

5.2. PERMISSIBLE STRESSES

The permissible stresses for the timber and plywood should be those given for the dry exposure condition for the grades and species used. The grade stresses should be modified, in accordance with CP 112 for duration of loading, load sharing and slenderness ratio, where appropriate. In calculating the actual stresses in members the geometrical properties for the categories of timber and the sections specified, as given in CP 112 should generally be used, due allowance being made for reductions incurred during processing as given in BS 4471.

5.3. SUGGESTED METHOD OF DESIGN

5.3.1. DIRECT FORCES

The maximum direct force in a member may be assumed to be given by the analysis of an idealised pin-jointed framework, fully loaded with maximum dead and imposed load in the combinations in which they may reasonably be expected to occur.

Unless known to be otherwise the dead loads should be taken as:-

Rafters, roof coverings etc	0.685 kN/m ² (on slope)
Ceiling tie and covering	0.25 kN/m ²
Any loads due to tanks or plant	

* "Design specification for light metal plate connected wood trusses", Truss Plate Institute Inc, Perrine, Florida, USA.

The following combinations of imposed loads should be considered:-

- i. Uniformly distributed snow load on rafters (CP 3:Chap V:Part 1)
+
Uniformly distributed load on ceiling tie of 0.25 kN/m^2
+
Concentrated load on ceiling tie of 0.9 kN in any position where the headroom is more than 1.2 m .
- ii. Concentrated load of 0.9 kN on rafters in any position
+
Uniformly distributed load on ceiling tie of 0.25 kN/m^2
- iii. Wind load on rafters (CP 3:Chap V:Part 2)
+
Uniformly distributed load on ceiling tie of 0.25 kN/m^2

5.3.2. BENDING FORCES

The following alternative loading conditions should be considered when calculating bending moments:-

i. Ceiling Ties:

- a. Long term loading consisting of:-
 - dead load of ceiling construction
 - dead loads due to tanks or plant
 - uniformly distributed imposed loads on ceiling
- b. Short term loading consisting of:-
 - dead load of ceiling construction
 - dead loads due to tanks or plant
 - uniformly distributed imposed load on ceiling
 - concentrated imposed load of 0.9 kN spread over a length of 125 mm .

For case (b) it may be assumed that the worst condition is where the concentrated load is acting at the centre of any one bay of the ceiling tie. It need not be considered in positions where the headroom is less than 1.2 m . For Fink trussed rafters where the rise is less than 2.4 m the concentrated load need only be considered as acting in the centre bay of the ceiling tie.

ii. Rafters:

- a. Medium term loading consisting of:-
 - dead load of rafters, roof coverings etc
 - uniformly distributed imposed load (snow load)
- b. Short term loading consisting of:-
 - dead load of rafters, roof coverings etc
 - one concentrated imposed load of 0.9 kN spread over a length of 300 mm
- c. Wind loading condition:-
 - dead load of rafters, roof coverings etc
 - wind load as given in CP 3:Chap V:Part 2

For case (b) it may be assumed that the worst condition is where the concentrated load is acting at the centre of a rafter bay.

Where the lines through the centroids of the cross-section of the members and supports do not intersect at a joint, due allowance should be made in the design for any secondary bending moments induced by eccentricity of the forces.

5.3.3.

The design of members should be in accordance with the recommendations of CP 112. Each member should be capable of resisting safely the appropriate direct forces and bending moments.

Compression members should be designed on the following assumptions:-

- a. Effective length equal to 0.9 times the distance between node points for members subjected to axial compression only and 0.8 times the distance between node points for rafter members subjected to combined axial compression and bending.
- b. Rafter may be assumed to be fully restrained by tiling battens in the x-x direction, and fully restrained in both directions in the vicinity of the node points.
- c. The stress modification factor (k_{1s} or k_{1o}) given in CP 112 should be taken for the medium or short load duration condition as appropriate. At node points it should be taken as 1.25 or 1.5.

Grade stresses in tension and bending should be modified for load duration using the k_{1s} factor given in CP 112 (ie 1.0 for long term loading, 1.25 for medium term loading and 1.5 for short term loading). For wind loading a factor of 1.75 is appropriate.

The load sharing stress factor of 1.1 (or 1.2 in the case of composite grade) is appropriate to all members in respect of axial stress and to rafters in respect of bending, but should not be used for ceiling ties in bending unless binders are provided.

For members subjected to axial tension and bending the sum of the stress ratios should not exceed 1.0.

For members subjected to axial compression and bending the sum of the stress ratios should not exceed 0.9 except at node points where it should not exceed 1.0.

5.3.4. FIXITY OF JOINTS

Bending moment diagrams for rafters and ceiling ties may be based on the assumption of fixing moments at apex and heel joints, equal to 50 per cent of the fully encastred condition, with members continuous over the other node points.

5.4. DEFLECTION

The maximum long term deflection of the ceiling tie of Fink and Fan trussed rafters having metal plate or nailed plywood gussets, and constructed to the requirements of and within the limits for the permissible spans given in this Paper may be calculated as:-

a. Ceiling tie node points $\Delta = 1.75 \delta$ mm

b. Centre of ceiling tie $\Delta = 1.75 \left\{ 1.15 \delta + \frac{WL^4}{10^7 EI} \right\}$ mm

where δ is the elastic deflection of the ceiling tie node points in mm based on pin joint analysis, W is the uniformly distributed dead and imposed load acting on the ceiling tie in N/metre of span, I is the second moment of area of the ceiling tie in mm⁴, L is one-third of the full span in metres and E is the mean modulus of elasticity in N/mm².

The deflection of other truss configurations may be calculated by other recognised methods.

5.5. JOINTS

Joints between members should be designed to resist the direct forces in the members under the loadings given in Clauses 3.1 and 5.3.1 together with any forces induced by normal site handling.

The permissible loads for punched metal plate fasteners should be determined from tests carried out on actual joints. The permissible loads for nailed metal plate and plywood gussets should be based on the values for the type of nails used as given in CP 112 or determined from tests on actual joints.

Allowance should be made where appropriate for the effect of grain angle and tooth orientation on the permissible loads for jointing devices. For punched metal plates the number of effective teeth or "bursts" should be determined by omitting any teeth or part of any "burst" nearer than 6 mm to the edges of the timber. In the case of joints in tension, any teeth or part of a "burst" nearer to the end than 6 mm for 20 gauge (0.91 mm), 9 mm for 18 gauge (1.22 mm), 11 mm for 16 gauge (1.62 mm) and 12 mm for 14 gauge (2.03 mm) plates measured parallel to the grain of the timber should be omitted, unless tests on the particular plate to be used have shown other values to be acceptable. The number of effective teeth, "bursts" or nails required in each member at each joint should be shown on the drawings.

For the design of spliced end joints in rafters and ceiling ties, each of the following load conditions should be considered. The worst condition should be taken to determine the required plate sizes.

- a. The maximum tension or compression force at the points where the joints occur.
- b. A bending moment equal to half the permissible moment of resistance for the required cross-section (taking into account all the relevant modification factors given in Clause 5.3.3 and CP 112 Part 2) for the grade and species of timber employed.
- c. The maximum shear force occurring at the joint. Spliced end joints should be positioned as required by Clause 4.6 unless specifically designed for the conditions at other points.

With nailed metal plate gussets, using square twisted nails, and with nailed plywood gussets, the spacing of the nails without pre-boring should not be less than that given below, where d is the equivalent diameter of the nail, unless closer spacing has been shown by test to be satisfactory.

Spacing	Metal Plates	Plywood Gussets
End distance	10d	14d
Edge distance	5d	5d
Parallel to grain	10d	14d
Perpendicular to grain	7d	7d

5.6. HANDLING

Where the design of a trussed rafter is based on theoretical analysis, reasonable evidence should be produced to show that the truss will be adequate to resist normal handling or alternatively provision should be made to ensure that means of handling are adopted that are not injurious to the truss.

The ability of a particular design of trussed rafter to withstand normal site handling may be assessed by the following test.

The trussed rafter should be supported flatwise with the apex joint and centre of the ceiling tie resting on a 100 mm wide beam. The height of the beam above ground level should be 0.1 times the span of the trussed rafter. One end of the unit should be raised to a height approximately equal to twice the height of the supporting beam, so that the other end touches the ground and the ceiling tie is sensibly straight. The raised end should be released abruptly and the unit allowed to rock. When stationary it should be turned over and the test repeated. Any damage resulting from this test should be recorded. The design can be considered adequate if there is no loosening of the joints and no damage to either joints or timber.

5.7. ANCHORAGE

Attention is drawn to the need for adequate anchorage of trussed rafters under all wind loading conditions.

6. LOAD TESTING

6.1. GENERAL

As an equally acceptable alternative to a theoretical analysis the adequacy of a trussed rafter design may be determined by means of tests on prototype unit/s.

Trussed rafters may also need to be load tested where there is doubt or disagreement as to whether the structure or some part of it complies with the design requirements, or whether the quality of the materials is of the required standard, or where a routine check of a batch of trussed rafters is required.

6.2. STRUCTURAL TEST

The test should be made and reported on in accordance with the procedures as detailed in Clauses 6.2.1 to 6.2.4. The following points should be noted:

- a. The units tested should conform to the specified design in every respect and should be fabricated by the normal production process.
- b. The timber, metal plates, nails and plywood from which the units are constructed should be of the minimum quality and dimensions permitted for the design and likely to arise in practice. The joints should be of the minimum strength required by the design.
- c. The method of support should simulate actual service conditions as regards span and width and position of bearing.
- d. Lateral restraint similar to that provided by tiling battens should be given to the upper edge of the rafters. This restraint should be so arranged as not to influence the resistance of the unit to vertical loads.
- e. Uniformly distributed loads may be employed as required or alternatively these may be simulated by applying not less than two point loads in each bay and equally spaced over the full span to give the same total load.
- f. Trussed rafters which have been subjected to tests as described in Clauses 6.2.1 to 6.2.3 should not be further used.
- g. The report of the test should contain, in addition to the test results, a clear statement of the conditions of testing, including the method of loading and of measuring deflections, together with any other relevant data. The grade of each member and the moisture content at the point of failure should be recorded. Attention should also be drawn to any possible defect in design or construction which may lead in time to abnormal reduction in the strength of the structure.

The report should also contain a statement as to whether or not the structure or part tested satisfies the acceptance conditions in Clause 6.3 below.

6.2.1. PRELOAD TEST

A load equal to the long term design load should be applied and maintained for a period of 30 minutes and then released. Deflection readings should be taken at the node points of the ceiling tie and at the centre of the ceiling tie under self weight under design long term load, on release of load and 15 minutes after release of the load.

6.2.2. DEFLECTION TEST

Immediately following the preload test the long term design load should be re-applied and maintained for 15 minutes. Additional load should then be applied to give the full design load, consisting of dead load, uniformly distributed imposed loads on rafters and ceiling tie and the concentrated imposed load on the ceiling tie as required by Clause 3.1.2. The rate of loading should be such as to reach design load from zero load in a period of between 30 and 40 minutes. This load should be maintained for one hour and then released. Deflection readings should be taken as follows:-

- a. 15 minutes after application of design long term load
- b. 15, 30, 45 and 60 minutes after application of full design load
- c. after release of load
- d. 15 minutes after release of load

The full design load, apart from the concentrated imposed load shall be re-applied in the same manner as above, maintained for a period of 24 hours and released. Deflection readings should be taken as follows:-

- a. 15 minutes after application of full design load
- b. at sufficient intervals during the 24-hour period to enable a deflection/time curve to be plotted
- c. at the end of the 24-hour period
- d. 15 minutes after release of load

6.2.3. STRENGTH TEST

The total design load, comprising the dead loads, uniformly distributed imposed load and the concentrated imposed load should be applied in the same manner as for the deflection test. Where only one trussed rafter is being tested the uniformly distributed dead and imposed loads should be increased up to a value of 2.5 times their design values and this load maintained for 15 minutes. At the end of this period the uniformly distributed loads should be increased in the correct ratio of rafter/ceiling tie load until failure is reached. The rate of loading throughout the test should be the same as for the deflection test. The load at failure should be recorded.

6.2.4. TESTS ON SIMILAR STRUCTURES

Where more than one trussed rafter of the same design is tested, only one need be subjected to the deflection test. All the trussed rafters should be given strength tests in accordance with Clause 6.2.3 except that the 15 minute period under a load of 2.5 times the design uniformly distributed load may be omitted.

6.3. ACCEPTANCE

For a trussed rafter design to be considered acceptable its load/deflection characteristics as recorded throughout the tests should show no abnormality or inconsistency and

- a. the maximum deflection recorded at the end of the 24 hour deflection test (Clause 6.2.2) should not exceed 0.0024 times the span
- b. the rate of increase in deflection during the 24-hour period of the deflection test should tend to decrease
- c. where one trussed rafter only is tested the structure should sustain without failure for a period of 15 minutes the required load of the concentrated imposed load on the ceiling tie together with 2.5 times the dead and uniformly distributed imposed loads
- d. where more than one trussed rafter of the same design is tested the load factor (ie the ratio of ultimate UD load to total UD design load) for each unit should not be less than the values given in Table 3 for the number of similar trusses tested.

TABLE 3
Load Factors for Number of Trusses Tested

Number of Similar Units	Load Factor
2	2.30
3	2.15
4	2.05
5 and more	2.00

7. PERMISSIBLE SPANS

7.1. GENERAL

From the experience gained with trussed rafters, and from the analysis of test results, limiting spans for rafters and ceiling ties in Fink and Fan trussed rafter configurations (Figure 1) have been derived for a number of member sizes and pitches. These spans (Tables 4 to 6) are the dimension L_1 shown in Figure 4 and are limited to 11.0 m. This covers the range normally required for domestic roofs. The spans may be used without further tests or calculations provided that the following conditions are satisfied:-

- a. The dead load on the rafters does not exceed 0.41 kN/m measured on the slope.
- b. The dead load on ceiling ties does not exceed 0.15 kN/m of span.
- c. The trussed rafters are not subjected to load from an increment of roof width greater than 0.6 m and that they are generally not spaced further apart than 0.6 m.
- d. The joints have adequate strength and can resist normal handling without damage (see Clauses 5.5 and 5.6).
- e. Cross-section dimensions, tolerances and fabrication are in accordance with the requirements of this Paper.
- f. The grade of timber is not inferior to composite grade as defined in Clause A6 of CP 112 (see also Clause 2.3).
- g. The positioning of the wall plate is in accordance with Clause 8.3. Linear interpretation of spans with respect to pitch and timber sizes is permissible.

7.2. MEMBER SIZES

When using the permissible spans given in Tables 4 to 6, sections smaller than those listed for rafters and ceiling ties may be used for internal members provided that their use can be justified by test evidence or by calculations. In no case however should the internal members be less than 60 mm in depth.

7.3. SPECIES

The spans given in Tables 4 to 6 apply to the species of timbers listed in Table 1.

8. HANDLING AND ERECTION

8.1. STORAGE

Trussed rafters should be stored on raised bearers to avoid contact with the ground, and should be so supported to prevent any distortion in the plane of the truss. Storage should allow free access of air, but protection by tarpaulins or other means should be provided to avoid exposure to rain.

8.2. HANDLING AND TRANSPORT

Trussed rafters may be stored in single units or in bundles of units banded together. Care should be taken to prevent damage to the timber by excessively tight banding.

Care should be taken to prevent undue sagging or whipping of the units or bundles. Where single units are being moved they should be carried with the ridge down unless sufficient labour is available to provide full support.

8.3. ERECTION

No modifications to trussed rafters or repairs to damaged units should be carried out without the approval of the designer. Any measures adopted to remedy defects discovered after erection of a

trussed rafter should be such as will comply with the provisions and intentions of this Paper. Trussed rafters should not be birdsmouthed or otherwise cut unless specially provided for at the design stage.

Wall plates shall be of sufficient width (not less than 75 mm or 0.008 times the span of the trussed rafter) to prevent crushing of the ceiling tie, and should be positioned and aligned to ensure that the span is correct. The nearest edge of the wall plates should not be further horizontally than 50 mm from the intersection of the lower edges of the rafter and ceiling tie of the trussed rafter unless special provision is made in the design.

Trussed rafters should be erected vertically and accurately spaced to the required centres, preferably by means of a spacing gauge. A temporary batten should be nailed on each side of the ridge to maintain position, and the trussed rafters should be skew nailed to the wall plates at each end using two 100 mm, 7 gauge round wire nails, or by other fixing devices having at least the same holding power. Under conditions where uplift forces due to wind higher than the dead load are likely to be experienced, additional holding down devices may be necessary (see Clauses 3.1.2 and 5.7). The designer's instructions in this respect should be adhered to.

8.3.1. TEMPORARY BRACING

To assist construction, temporary lateral bracing should always be provided.

8.3.2. PERMANENT BRACING

Consideration should also be given to the need to provide permanent lateral bracing to the roof. Where walls are of insufficient strength to provide resistance to the lateral forces acting on the roof, lateral bracing of the trussed rafters should be provided independent of the walls. This should take the form of a system of members nailed to the underside of each rafter and sloping diagonally from ridge to eaves and spanning at least four trusses at each end of the roof. Where the walls are capable of providing lateral resistance they may be used as fixing points for the lateral bracing of the trussed rafters. This could be done by positioning trussed rafters hard up against the walls and securing the tiling battens to the walls by positive fixings. Alternatively longitudinal battens nailed to the underside of each trussed rafter and built into or fixed to the walls at each end of the roof would also be satisfactory.

To facilitate fixing of the ceiling boards, additional battens or noggings may be required to maintain the ceiling ties at the required centres.

8.4. WATER TANKS

Whenever possible provision should be made for supporting water tanks other than on trussed rafters. Where no alternative is possible then special provision should be made to accommodate the additional load. Special trusses may be used, designed to support the additional load, or additional and more closely spaced standard trusses may be used to support the tank, the load being transmitted via spreader beams to points close to the node points in the ceiling ties (Figure 2) so that the equivalent loading on each truss is not greater than the loading for which the truss was designed (see Clauses 3.1 and 7.1).

8.5. HATCH OPENINGS

Hatch openings should be accommodated within the trussed rafter spacing. When it is necessary to cut a ceiling tie, sufficient vertical and horizontal members should be provided to ensure adequate distribution of the forces.

8.6. CHIMNEY OPENINGS

Chimney openings should be accommodated within the trussed rafter design spacing. When this is not possible the truss spacing at the chimney opening may be increased provided that:-

- a. The effective spacing of the next truss on both sides is not greater than the design spacing less the total increase (Figure 3).

- b. The tiling battens are adequate to span the increased spacing at the chimney.
- c. The ceiling material is adequate to span the increased spacing, or additional support is provided.

8.7. TILING BATTENS

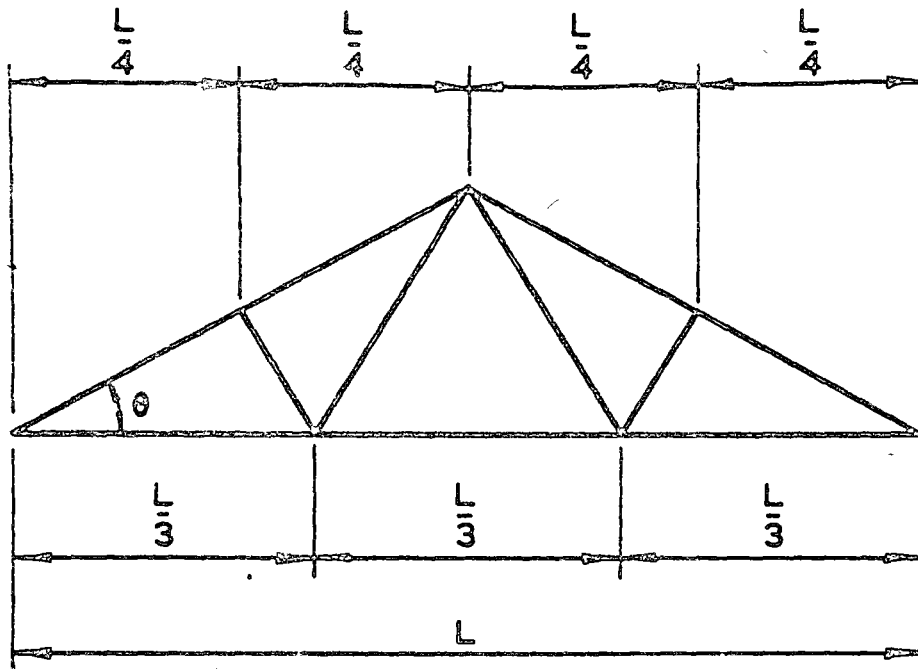
Tiling battens should be used in accordance with CP 142:Part 2:1971. For trussed rafters spaced at 0.6 m centres and designed to carry the dead loads given in Clause 7.1, the tiling battens should have a minimum section of 25 x 38 mm. Where the rafter centre spacing is greater than 0.6 m as in Clause 8.6, the minimum section of the tiling battens should be 25 x 50 mm. Joints in tiling battens should be square ended and should be skew nailed to the rafter with one 10 gauge nail on each side having a length 32 mm greater than the nominal thickness of the batten. Where the dead load on the rafters exceeds the value given in Clause 7.1, then the size of the tiling battens should be increased accordingly. Advice should be sought where necessary from the tile manufacturer.

9. SPECIFICATION

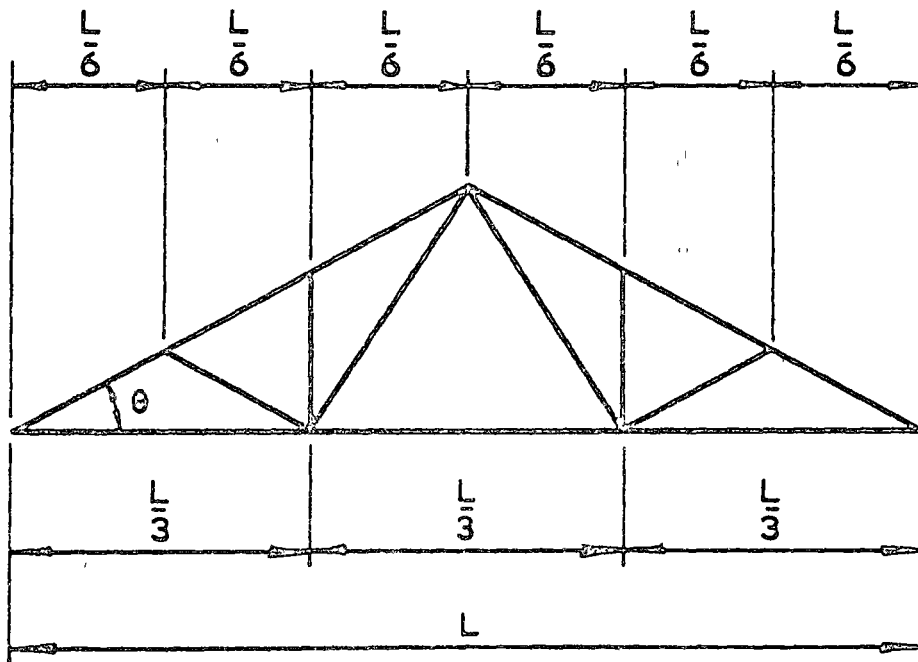
9.1. GENERAL

It is important when ordering trussed rafters that the supplier should be provided with sufficient information to undertake the design and to ensure that the product offered meets the requirements. A drawing showing the elevation and plan of the dwelling should be provided. In order to avoid confusion a standard method for specifying spans etc is desirable, and it is suggested that the following points should be covered:-

- a. Unless there is some special requirement it should not be necessary to specify the species of timber.
- b. If preservative treatment is needed this should be specified.
- c. If water tanks are required to be supported by the rafters their nominal capacity and position should be specified. If there is no restriction on their position this should be left to the supplier to indicate.
- d. Dimensions and positions of hatch and chimneys.
- e. The centre spacing of trusses and the number required may be specified by the purchaser or left to the supplier to determine in the light of other requirements.
- f. Pitch of roof, ie the angle formed by the rafter and the ceiling tie. (Angle θ - Figure 4).
- g. Span, ie distance between the intersection points of the lower edges of the rafters and ceiling tie (Dimension L_1 - Figure 4).
- h. Distance between wall plate outer edge and the intersection point as in (g). (Dimension d - Figure 4). See also Clause 8.3.
- i. Clear span between inside edges of wall plate. (Dimension L_2 - Figure 4).
- j. Overhang, ie the horizontal distance from the intersection point as in (g) to the vertical end-cut on the rafter. (Dimension e - Figure 4).
- k. Type of roofing tiles or other covering to be used.



FINK OR 'W'
TRUSSED RAFTER



FAN
TRUSSED RAFTER

θ = PITCH

FIG 1. FINK AND FAN TRUSSED RAFTER CONFIGURATIONS

TABLE 4
Maximum Permissible Spans (m) for Rafters for Fink Trussed Rafters
(Timber to BS 4471 and of Composite Grade to CP 112) (see Section 7)

Basic Size (mm)	Actual Size (mm)	Pitch (Degrees)								
		15	17½	20	22½	25	27½	30	32½	35
38 x 75	35 x 72	6.03	6.16	6.29	6.41	6.51	6.60	6.70	6.80	6.90
	97	7.48	7.67	7.83	7.97	8.10	8.22	8.34	8.47	8.61
	125	8.80	9.00	9.20	9.37	9.54	9.68	9.82	9.98	10.16
40 x 75	37 x 72	6.16	6.29	6.42	6.55	6.64	6.74	6.82	6.95	7.05
	97	7.69	7.87	8.04	8.19	8.30	8.44	8.56	8.72	8.84
	125	9.00	9.23	9.43	9.60	9.75	9.91	10.04	10.23	10.40
44 x 75	41 x 72	6.45	6.59	6.71	6.83	6.93	7.03	7.14	7.24	7.35
	97	8.05	8.23	8.40	8.55	8.68	8.81	8.93	9.09	9.22
	125	9.38	9.60	9.81	9.99	10.15	10.31	10.45	10.64	10.81
50 x 75	47 x 72	6.87	7.01	7.13	7.25	7.35	7.45	7.53	7.67	7.78
	97	8.62	8.80	8.97	9.12	9.25	9.38	9.50	9.66	9.80
	125	10.01	10.24	10.44	10.62	10.77	10.94	11.00	11.00	11.00

TABLE 5
Maximum Permissible Spans (m) for Rafters for Fan Trussed Rafters
(Timber to BS 4471 and of Composite Grade to CP 112) (see Section 7)

Basic Size (mm)	Actual Size (mm)	Pitch (Degrees)								
		15	17½	20	22½	25	27½	30	32½	35
38 x 75	35 x 72	8.03	8.38	8.64	8.87	9.08	9.27	9.46	9.65	9.85
	97	9.89	10.37	10.67	10.96	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
	125	11.00	11.00	11.00	11.00					
40 x 75	37 x 72	8.21	8.57	8.81	9.06	9.30	9.46	9.64	9.86	10.04
	97	10.19	10.65	10.97	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
	125	11.00	11.00	11.00						
44 x 75	41 x 72	8.65	9.00	9.25	9.48	9.73	9.89	10.08	10.30	10.48
	97	10.71	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
	125	11.00								
50 x 75	47 x 72	9.26	9.62	9.86	10.10	10.36	10.53	10.70	10.93	11.00
	97	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00

TABLE 6
Maximum Permissible Spans (m) for Ceiling Ties for Fink and Fan Trussed Rafters
(Timber to BS 4471 and of Composite Grade to CP 112) (see Section 7)

Basic Size (mm)	Actual Size (mm)	Pitch (Degrees)								
		15	17½	20	22½	25	27½	30	32½	35
38 x 75	35 x 72	5.07	5.31	5.53	5.74	5.94	6.12	6.31	6.50	6.67
	100 97	7.03	7.36	7.68	7.99	8.27	8.54	8.81	9.06	9.33
	125 120	8.66	9.10	9.49	9.88	10.24	10.59	10.93	11.00	11.00
	150 145	10.17	10.71	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00		
40 x 75	37 x 72	5.23	5.48	5.71	5.92	6.13	6.32	6.51	6.70	6.89
	100 97	7.21	7.56	7.89	8.20	8.49	8.77	9.04	9.31	9.58
	125 120	8.83	9.26	9.69	10.08	10.46	10.82	11.00	11.00	11.00
	150 145	10.33	10.87	11.00	11.00	11.00	11.00			
44 x 75	41 x 72	5.53	5.78	6.03	6.26	6.48	6.69	6.89	7.08	7.28
	100 97	7.53	7.90	8.25	8.59	8.90	9.19	9.48	9.75	10.04
	125 120	9.13	9.60	10.04	10.46	10.86	11.00	11.00	11.00	11.00
	150 145	10.52	11.00	11.00	11.00	11.00				
50 x 75	47 x 72	5.92	6.20	6.46	6.72	6.94	7.17	7.39	7.60	7.81
	100 97	7.93	8.33	8.71	9.06	9.38	9.70	10.02	10.32	10.62
	125 120	9.42	9.94	10.40	10.86	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
	150 145	10.59	11.00	11.00	11.00					

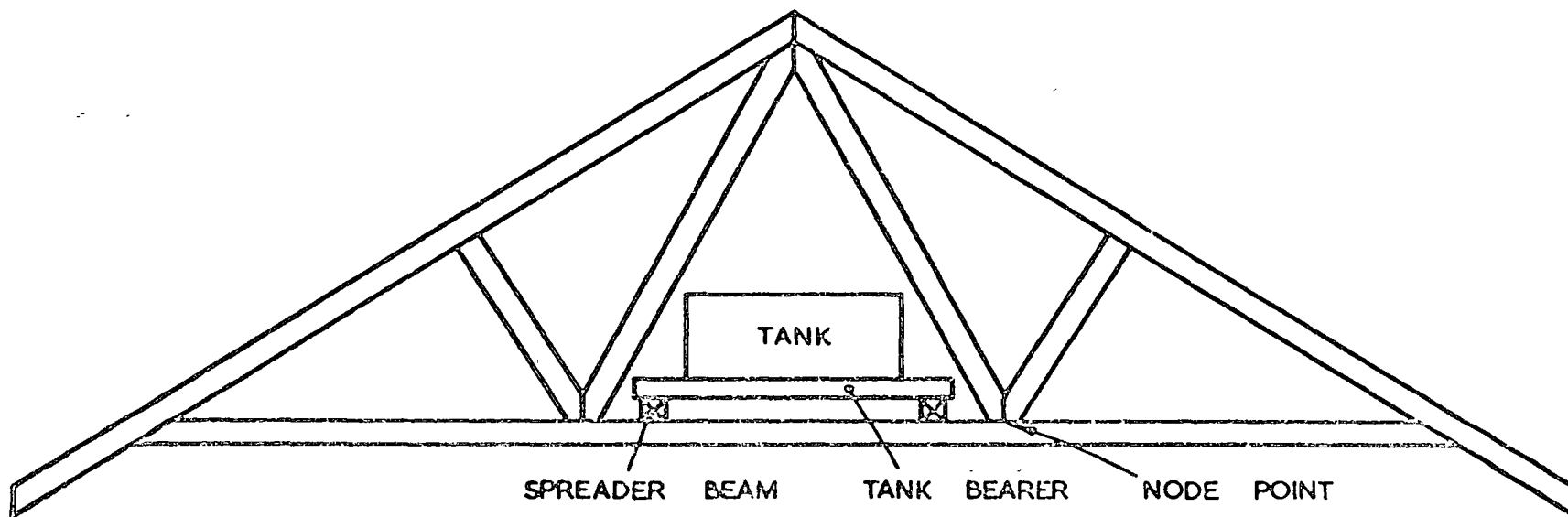
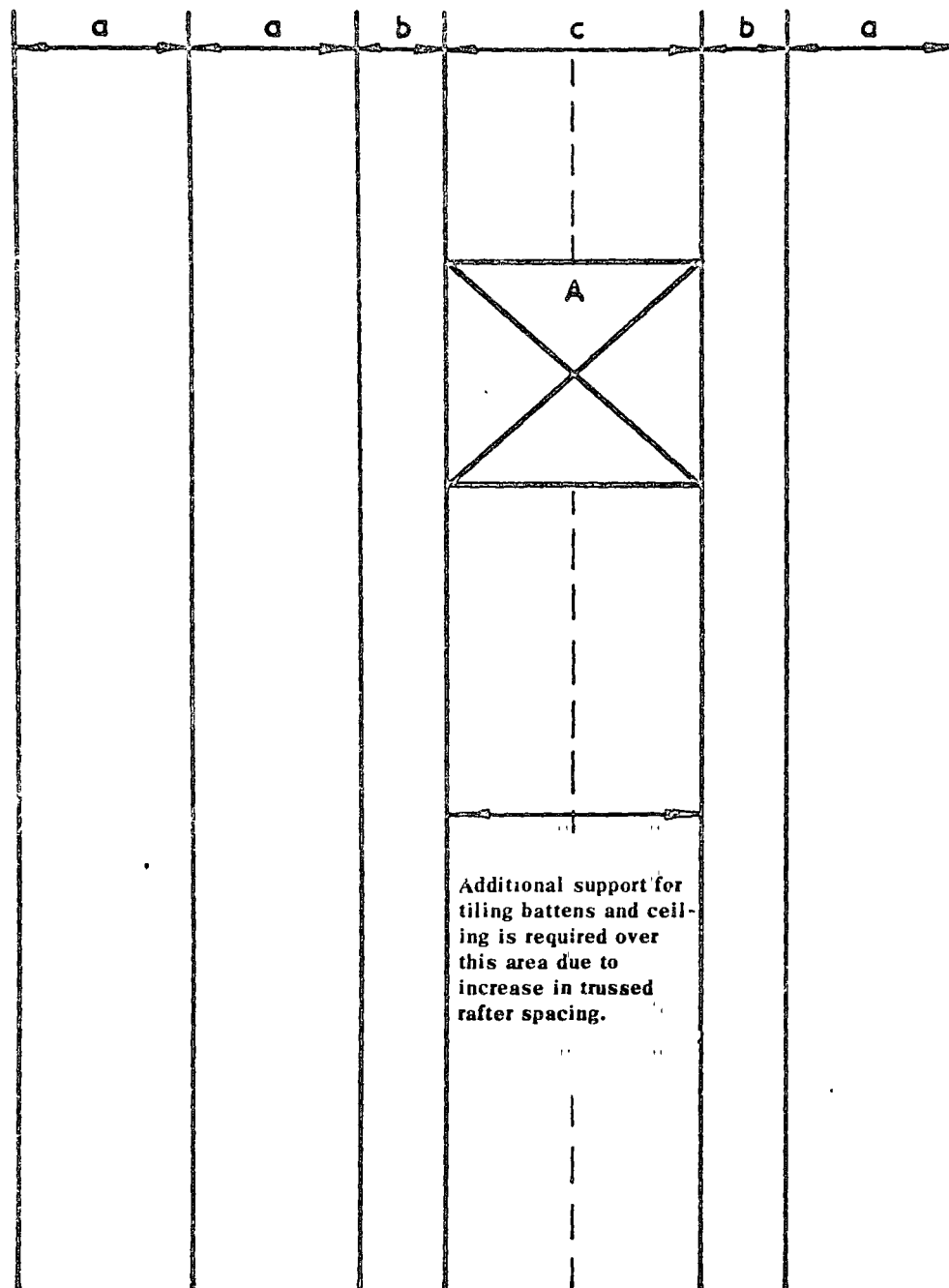


FIG 2. METHOD OF SUPPORTING WATER TANKS ON TRUSSED RAFTERS



a - Design spacing for trussed rafters

A - Chimney opening

b $\leq 2a - c$

FIG 3. SPACING OF TRUSSED RAFTERS TO ACCOMMODATE CHIMNEY OPENING

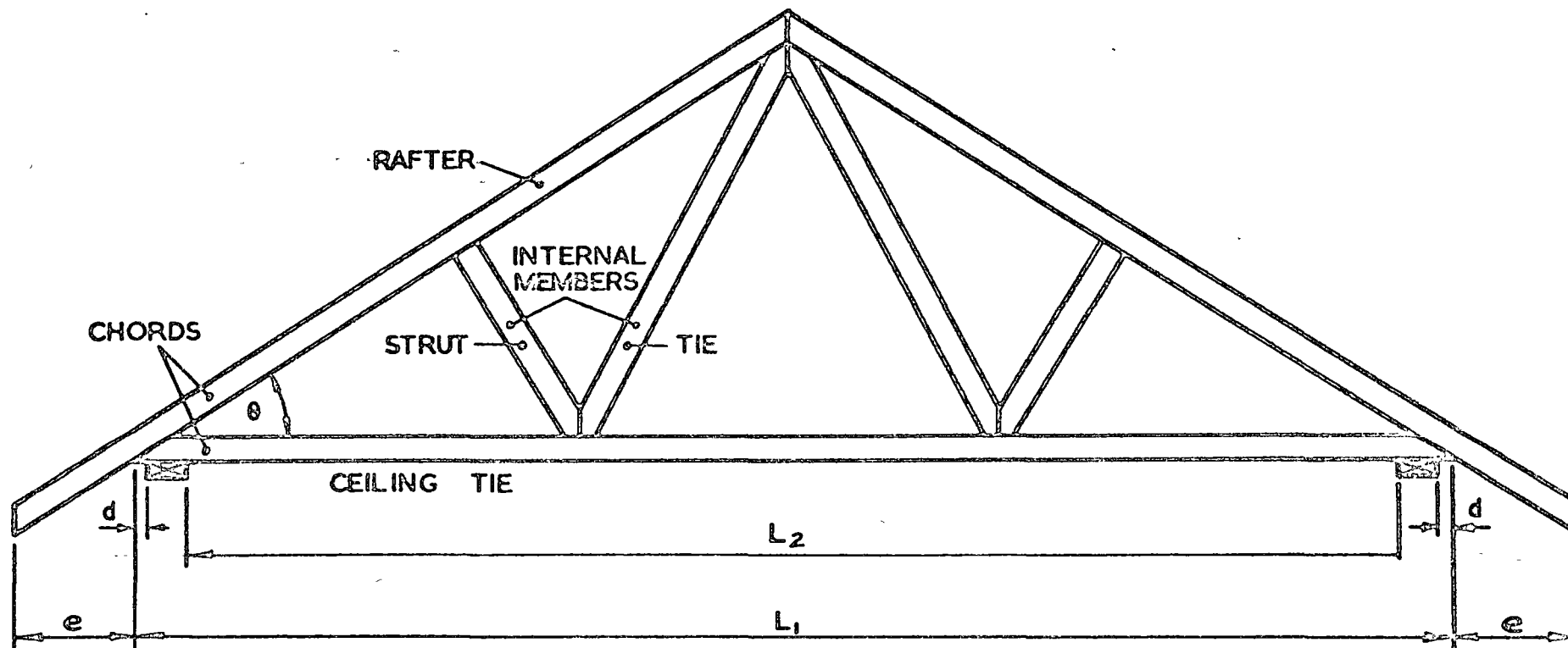


FIG 4. DIMENSIONS REQUIRED FOR SPECIFYING TRUSSED RAFTERS

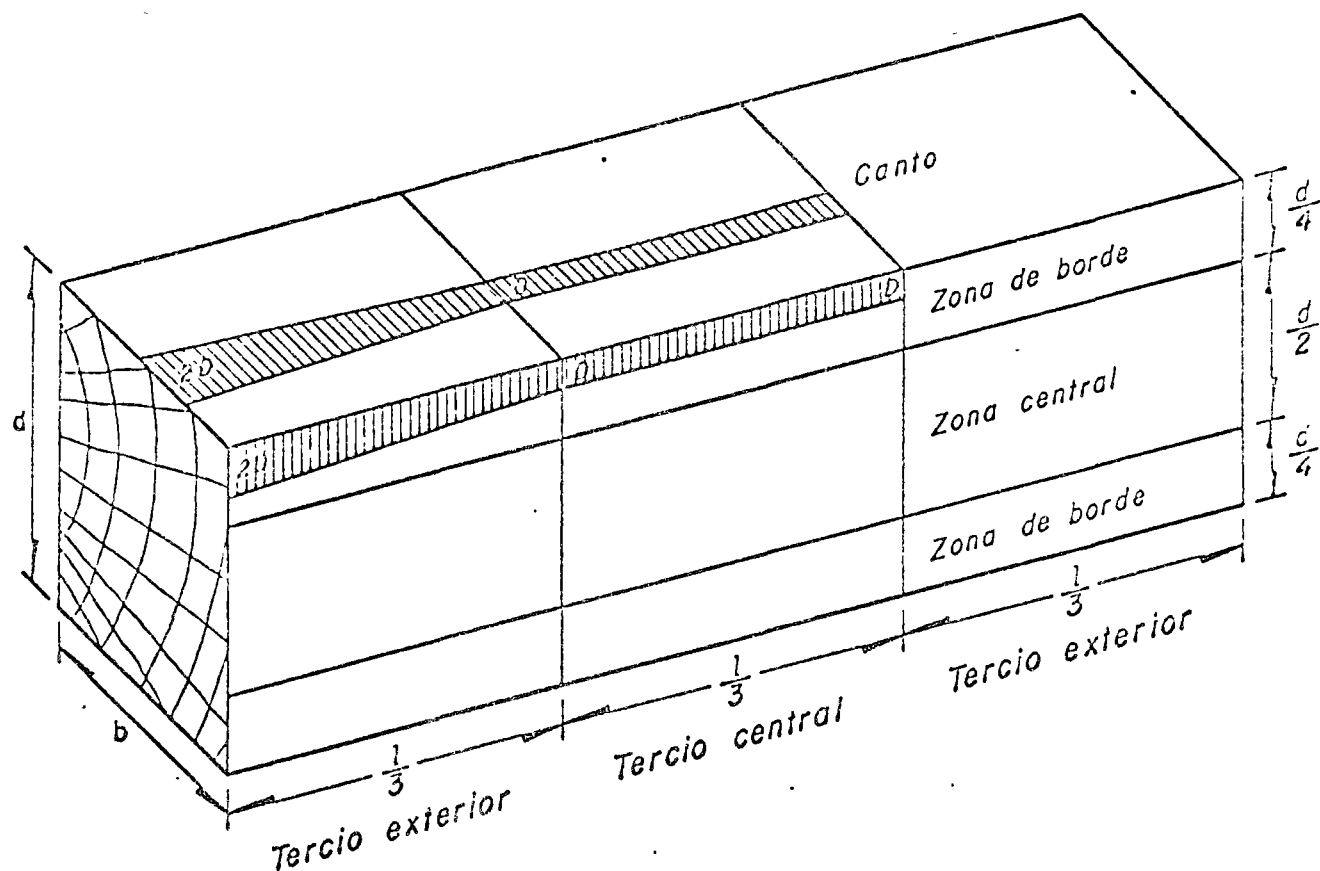


Fig. 1.

Medición de nudos y pendientes del grano y zonas en un elemento a flexión para su clasificación estructural y correcciones a las dimensiones de los nudos de canto y de borde. Fig. I

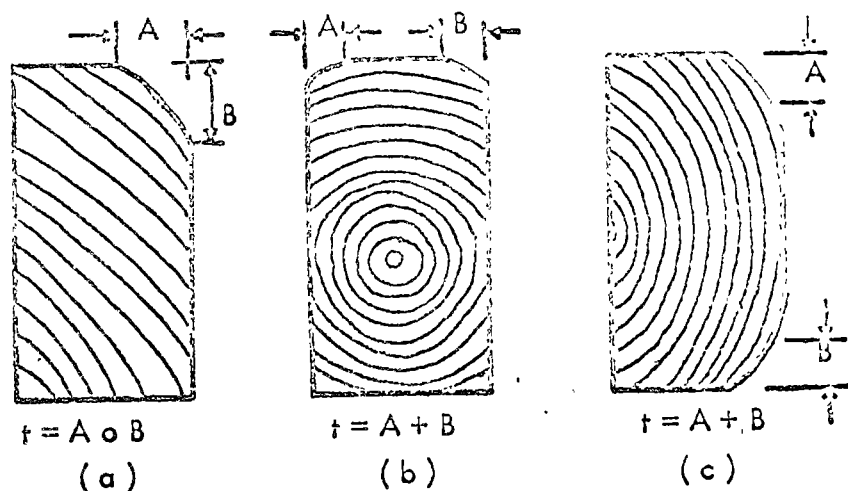


Fig. 3.

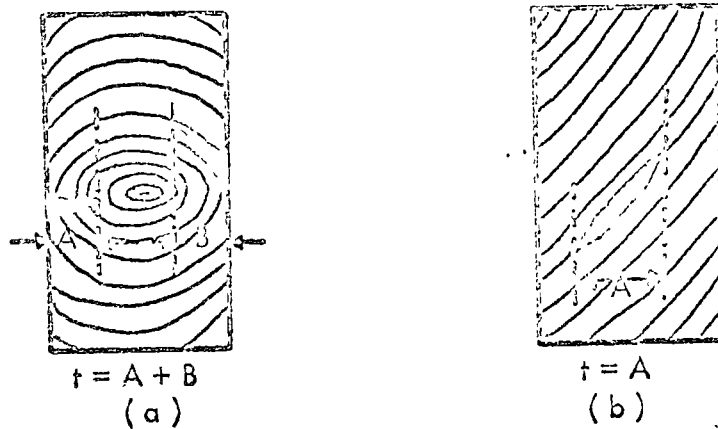


Fig. 2

6

7

8