

0010563



BOLETIN INFORMATIVO Nº 12
1967



LA INDUSTRIA DE CASAS
PREFABRICADAS
DE MADERA

INSTITUTO FORESTAL
SANTIAGO - CHILE

LA INDUSTRIA DE CASAS PREFABRICADAS DE MADERA

por:
ARNOLDO ICEKSON F.
Ingeniero Civil
GERMAN TAMM J.
Técnico Mecánico

INSTITUTO FORESTAL
SANTIAGO - CHILE





El INSTITUTO FORESTAL es una corporación de derecho privado creada por el INDAP del Ministerio de Agricultura y la CORFO para el desarrollo de los recursos e industrias forestales.

INSTITUTO FORESTAL
Belgrado 11-Casilla 3085
Santiago . Chile



SUMARIO

	Pág.
1. INTRODUCCION	5
2. OBJETIVOS	5
3. ANTECEDENTES	5
3.1 Rol de la Madera en la Prefabricación de Viviendas	7
4. MATERIAL Y METODO	9
5. RESULTADOS Y DISCUSION	9
5.1 Radio de Acción de las Fábricas	9
5.2 Superficie de las Casas	10
5.3 Capacidad de Producción de las Empresas	11
5.4 Especies de Maderas Utilizadas y Consumos Específicos	11
5.5 Grado de Prefabricación	13
5.6 Prácticas Constructivas	13
5.6.1 Módulos en planta y altura	13
5.6.2 Sistema de fundaciones	13
5.6.3 Pavimentos	15
5.6.4 Muros	16
5.6.5 Techumbre	21
5.6.6 Puertas y ventanas	24
5.7 La Industria de Casas Prefabricadas y Precortadas de Madera en Chile y el Problema Habitacional	24
5.8 Opiniones de los Productores de Casas Prefabricadas	26
5.8.1 Aceptación de la casa prefabricada de madera	26
5.8.2 Futuro de la industria de casas prefabricadas	26
5.8.3 Rol del Instituto Forestal en el desarrollo de la industria	27
5.9 Elementos Prefabricados de Madera	27
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	27
7. BIBLIOGRAFIA	28
ANEXO 1	30

Impresores: Prensa Latinoamericana S. A. - Root 537 - Santiago



1. INTRODUCCION

La industria de casas prefabricadas y elementos constructivos de madera, no ha tenido un crecimiento paralelo, ni ha alcanzado un grado de desarrollo similar al de otras industrias en el país.

Diversos factores se pueden señalar como causales de esta situación: a) razones de orden técnico: dificultades económicas en la industria de la construcción, falta de normalización de los diferentes elementos constructivos, poco uso de sistemas racionales para la fabricación en serie

de elementos constructivos o paneles; b) razones de carácter humano: poca aceptación por parte del público consumidor por las viviendas prefabricadas en general, y las de madera, en particular.

El presente trabajo es un análisis de las técnicas usadas en las empresas constructoras de casas prefabricadas de madera en Chile y un estudio de diversos factores generales, que inciden en la industrialización de viviendas de madera.

2. OBJETIVOS

La Sección Construcciones de Madera ha reunido el máximo de antecedentes que atañen a la industria de casas y elementos prefabricados de madera, con el fin de analizar diversos

aspectos técnicos y económicos de esta actividad nacional para orientar, de esta manera, los futuros trabajos del Instituto Forestal, que guardan relación con el tema.

3. ANTECEDENTES

Dentro del panorama mundial, aun los países más altamente industrializados y desarrollados sufren la escasez de viviendas para satisfacer el incremento de la población y el mejoramiento de los niveles de vida. En los Estados Unidos, se deberá duplicar el número actual de viviendas en los próximos treinta años, mientras que en Gran Bretaña, considerando solamente Londres, el déficit actual afecta a 200.000 familias y se incrementa anualmente en 20.000 viviendas. Por otra parte, Australia ha estimado que hasta fines del siglo se requerirá construir más de tres millones de casas, cifra que representa más de lo construido en los últimos 176 años.

Según la Dirección de Vivienda, Construcción y Planificación de las Naciones Unidas, la edificación anual en las regiones en desarrollo debería ser del orden de 10 viviendas por cada mil habitantes, aun cuando esta tasa ni siquiera es alcanzada por los países altamente desarrollados, como es el caso de Estados Unidos, que en 1958 llegó a producir 6,3 unidades por cada mil individuos.

En 1965, el Banco Interamericano de Desarrollo —BID— realizó un estudio estimativo y hace hincapié en que el déficit de viviendas urbanas y rurales en América Latina alcanza a quince millones, tal como se puede observar en el Cuadro 1, donde se incluye a Chile. Aún más, de dicho informe se deduce que el ritmo de construcción no alcanzó a dos unidades de vivienda por cada mil habitantes como valor promedio para América Latina, siendo para Chile de 4,1, valor que no alcanza a cubrir las necesidades actuales.

Si se agrega a esto que la tasa anual de crecimiento de la población de América Latina es de 2,7% superior a la de cualquiera otra región del mundo, se tendrá una visión de la magnitud del déficit habitacional y de la gravedad de la situación.

El problema de la vivienda en Chile no se aleja demasiado de este panorama, pues si se consideran las viviendas iniciadas por el sector público y las proyectadas por el sector priva-

Cuadro 1. DEFICIT DE VIVIENDAS EN LATINOAMERICA
(miles de unidades)

	Déficit		Requerimiento Anual		Total	Construcción Anual
	Urbano	Rural	Urbano	Rural		
Argentina	800	400	121,6	30,9	152,5	55,0
Bolivia	100	280	8,0	10,8	18,8	5,0
Brasil	3.000	4.000	277,0	159,0	436,0	150,0
Colombia	300	500	72,0	28,8	100,8	40,0
Costa Rica	30	70	6,8	4,5	11,3	3,0
Chile	270	130	45,0	7,4	52,4	33,0
Ecuador	180	320	15,1	13,6	28,7	4,0
El Salvador	60	140	8,5	6,4	14,9	2,0
Guatemala	110	390	12,6	11,4	24,0	2,0
Honduras	30	100	6,3	7,0	13,3	3,0
Méjico	1.000	600	194,0	85,3	279,3	57,0
Nicaragua	50	100	5,9	3,8	9,7	1,2
Panamá	30	70	5,2	3,0	8,2	2,5
Paraguay	30	120	5,1	2,1	7,2	1,0
Perú	370	450	46,3	22,5	68,8	10,0
Rep. Dominicana	60	140	12,3	11,8	24,1	4,0
Uruguay	40	60	14,6	2,9	17,5	11,0
Venezuela	500	100	54,3	8,6	62,9	40,0

Fuente: Cámara Chilena de la Construcción.

do en los últimos seis años, como se indica en el Cuadro 2, se podrá observar que, con excepción de 1965, el número de viviendas edificadas ha sido inferior a las 52.400 requeridas, según lo ha estipulado el BID. En 1964, el número de casas construídas fue de 2,7 por cada 1.000 habitantes y en 1965 este índice subió a 6,5.

De acuerdo con el programa habitacional del Gobierno, en el período 1964-1970, deberán

construirse 360.000 viviendas, para lo cual deberá contarse con todos los medios disponibles, tanto económicos como técnicos. Sin embargo, durante 1965, el sector privado construyó sólo el 52% del número de viviendas asignadas, que alcanzaba a las 30.000, aportando el 30% del total de las casas edificadas y el 42% de los metros cuadrados construídos en el país.

Dentro de este panorama, es indudable que la construcción de viviendas de madera, ya sea

Cuadro 2. EDIFICACION DE VIVIENDAS EN CHILE

Años	Edificación iniciada por Sector Público		Edificación Proyectada por Sect. Privado		Total	
	Nº	m²	Nº	m²	Nº	m²
1960	21.234	1.012.197	8.617	726.210	29.851	1.738.407
1961	25.237	1.311.430	12.335	1.021.579	37.572	2.333.009
1962	17.609	888.697	20.405	1.748.950	38.014	2.637.647
1963	11.912	694.737	15.731	1.377.666	27.643	2.072.403
1964	6.938	438.259	14.901	1.296.615	21.839	1.734.874
1965	36.486	1.806.424	15.677	1.326.500	52.163	3.132.924
1966 ¹		225.000		547.000	10.756	772.700

¹ Cifras provisionales para el primer semestre solamente.

Fuente: Cámara Chilena de la Construcción.

de tipo tradicional, precortadas o prefabricadas* jugará un importante papel en la realización de este programa. Las mayores ventajas comparativas, que aseguran una amplia aceptación son: la gran resistencia a los sismos por su elasticidad y poco peso, la baja conductibilidad térmica, la gran rapidez de su construcción y el bajo costo.

Sin embargo, sólo la racionalización** e industrialización de las viviendas de madera mediante sistemas de precorte o prefabricación lograrán acelerar el proceso constructivo. Todo esto se puede ir cumpliendo en etapas progresivas, como ya se ha hecho en países más avanzados.

En la construcción de casas de estructuras de madera, pueden distinguirse varios grados de industrialización:

- Fabricación "in situ" y montaje con material ya precortado (pie derechos, vigas, etc.)
- Montaje "in situ" de paneles pequeños hechos en fábrica.
- Montaje de grandes paneles, hechos en fábrica y semiterminados (en ocasiones se necesitará de una grúa).
- Montaje en taller de componentes tridimensionales, con un alto grado de terminación (grúa para erección en obra).

Mediante la industrialización, se logra reducir considerablemente el número de horas-hombre requeridas en la construcción. En Gran Bretaña (Timber in System Buildings, 1966), por ejemplo, se utilizan solamente de 500 a 1.000 horas-hombre en obra, en una casa de estructura de madera, en tanto que, para una casa convencional de ladrillos, de tamaño similar, se emplean de 1.500 a 2.000. El trabajo adicional, fuera del terreno, para la fabricación de los componentes principales es del orden de 250 a 300 horas-hombre.

En la Figura 1, donde se presenta la variación del tiempo empleado en mano de obra en Canadá para diversos grados de industrialización, se observa que, prácticamente, se puede duplicar la productividad al pasar de la etapa

(a) de poco precorte y prefabricación a la (d) de paneles prefabricados recubiertos en sus dos caras. Para este caso se ha supuesto la construcción de una casa de aproximadamente 100 metros cuadrados.

Las siguientes son las etapas consideradas:

- Etapla (a). Poco precorte, poca prefabricación, excepto las ventanas. No se ha incluido mano de obra para ventanas.
- Etapla (b). Estructura precortada, cerchas confeccionadas en taller.
- Etapla (c). Se agrega a la etapa (b) forros exteriores y tabiquería recubiertas por un lado, puertas colocadas en taller.
- Etapla (d). Se agrega a la etapa (c) muros recubiertos por ambos lados, incluyéndose el alambrado eléctrico, frontones hechos en taller, cañerías incluidas en taller.
- Etapla (e). Se agrega a la etapa (d) secciones completas de techo y en ocasiones también el cielo, instalación total de alambrado y cañerías, closet, muebles de cocina.
- Etapla (f). Secciones completas transportables.

Es conveniente recalcar la importancia que tiene para la aceleración de la construcción y disminución de costos, el aumento de productividad (33%) al pasar solamente de la etapa (a) a la (b).

3.1 ROL DE LA MADERA EN LA PREFABRICACION DE VIVIENDAS

De la variedad de materiales que produce la industria moderna, la madera surge como el más apropiado para la producción industrializada de componentes para casas. Las propiedades de resistencia mecánica, aislación térmica y acústica, liviandad, etc., coinciden plenamente con las solicitadas a un material empleado en la fabricación de componentes para la construcción y especialmente para viviendas.

* Según el National Bureau of Standard de EE. UU., se considera como prefabricación sólo aquellos métodos constructivos que no requieren armarse por piezas básicas de la estructura en el terreno.

** Por racionalización se entiende la simplificación estructural, la coordinación dimensional de los componentes, métodos de fabricación y montaje adecuados a la escala de las operaciones, y una reducción y simplificación de las operaciones necesarias para la construcción.

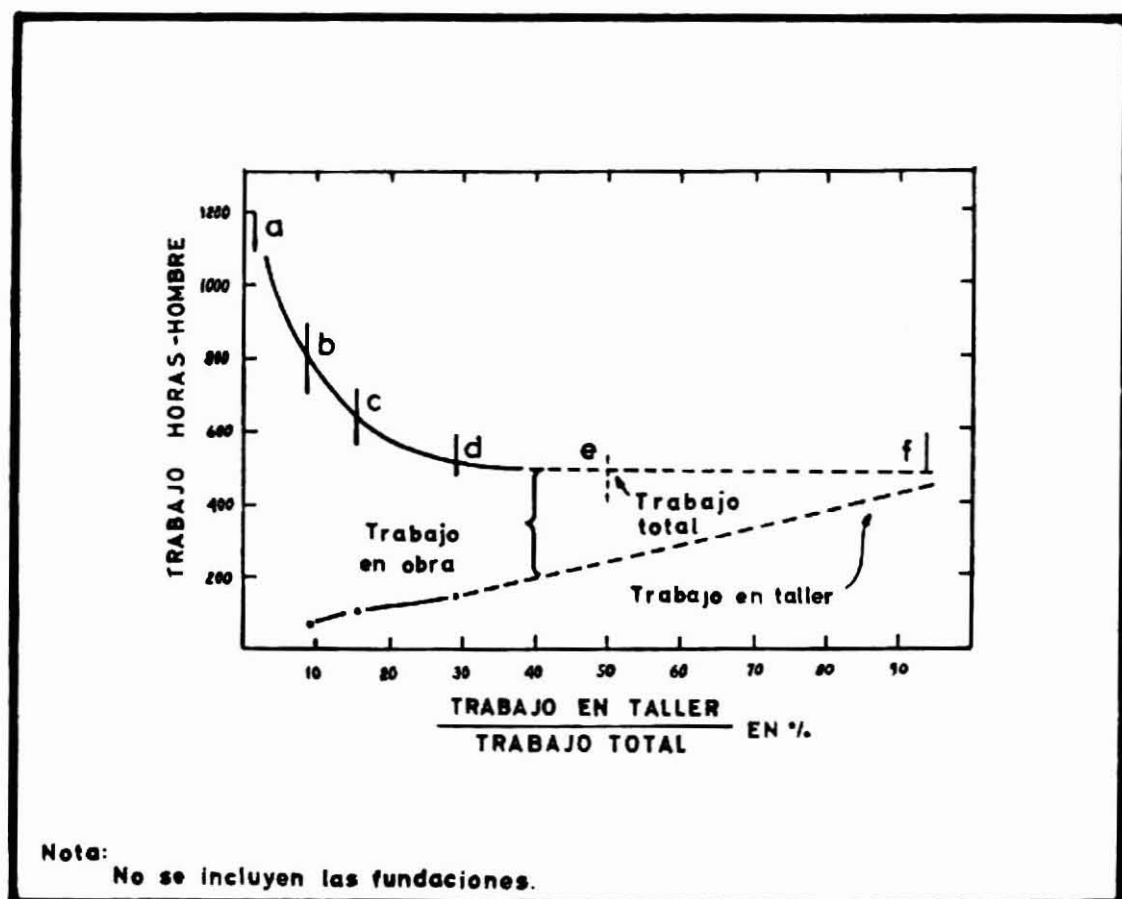


Figura 1. Trabajo aproximado para diversas etapas de prefabricación de una casa de estructura de madera

Además de proporcionar una combinación de resistencia estructural, liviandad y facilidad de trabajo, los elementos de madera son fáciles de operar en todas las etapas de la construcción: en la fábrica o taller, donde la maquinaria y técnica existentes pueden ser utilizadas, generalmente, sin gastos adicionales de capital; en el transporte, desde la fábrica a la obra, empleando vehículos de tamaño y capacidad de carga normales; en el terreno mismo, donde, debido al bajo peso de los paneles, incluso aquellos de gran tamaño, pueden ser manipulados sin equipos especiales y montados con rapidez y confianza, usando mano de obra sin especial calificación.

Debido a la facilidad para hacer juntas y uniones, los componentes de una casa de estructura de madera pueden adaptarse fácilmente a combinaciones con otros materiales por medio de tornillos, clavos, adhesivos y median-

te simples conectores metálicos. Por otra parte, se pueden agregar, fácilmente, a la estructura de madera gran variedad de revestimientos exteriores, ya sea en el taller o "in situ", y aún más, se puede lograr, a bajo costo, altos niveles de aislación térmica, colocando materiales aislantes en las cavidades de pisos, techos y muros exteriores.

El montaje en seco es esencial en un buen sistema prefabricado, especialmente por el ahorro de tiempo que se consigue. El uso de estructuras prefabricadas o precortadas de madera permite techar, poco después de comenzada la obra, permitiendo realizar, entonces, terminaciones interiores y exteriores simultáneamente.

Con el fin de dar a conocer las excelentes cualidades estructurales de la madera, en el Cuadro 3 se comparan los resultados de los ensayos a que fueron sometidos muros de distin-

tos materiales en el United States National Bureau of Standards. Estos muros, de ocho pies de largo por ocho pies de alto (2.40 m. x 2.40

m.) fueron sometidos a cargas horizontales hasta la ruptura o hasta una deformación máxima de 4 pulgadas (10 centímetros).

Cuadro 3. RESISTENCIA HORIZONTAL DE MUROS

Muro	Espesor cm	Peso kg/m ² de superficie	Carga máxima horizontal kg/ml	%	Razón Resistencia Peso
Madera	14,29	48,8	3110	100	63,6
Adobe	12,56 *	590	3880	125	6,6
Ladrillo	20,62	385	9270 +	300	24,1

Fuente: United States National Bureau of Standards.

De este ensayo se desprende que la madera es, por unidad de peso, el material más adecua-

do para uso estructural.

4. MATERIAL Y METODO

La obtención de datos se realizó mediante una encuesta, tratando de abarcar el máximo de empresas dedicadas a la producción de casas industrializadas de madera. Comprendió desde la zona Valparaíso - Santiago hasta la provincia de Llanquihue.

Un cuestionario, cuyo modelo figura en el Anexo 1, discutido por los funcionarios del Instituto Forestal directamente con los gerentes de las empresas, sirvió de base para este estudio, que se realizó después del terremoto del año 1965.

Se visitaron instalaciones industriales, así como gran número de viviendas del sistema analizado, en diversas etapas de su elaboración.

El número de empresas encuestadas fue de veintitrés, y si bien consta que hubo omisiones,

algunas involuntarias y otras motivadas por la negativa de algunos empresarios a la entrevista, se estima haber cubierto aproximadamente el 80% de las fábricas permanentes.

Al respecto, es interesante señalar que, con ocasión de la fuerte demanda de viviendas de emergencia habida, debido a cataclismos, algunas empresas constructoras o distribuidoras de maderas figuran como fabricantes de viviendas; sin embargo, estos son trabajos esporádicos y, en ningún caso, el tipo de casas producidas en estas circunstancias tiene las condiciones mínimas de habitabilidad y durabilidad, que pueden y deben exigírseles a una vivienda permanente. En consecuencia, éstas no se han considerado en este estudio.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 RADIO DE ACCION DE LAS FABRICAS

Es interesante conocer qué zonas del país se han abastecido con viviendas prefabricadas de madera y cuáles han sido sus procedencias.

En algunos casos, los empresarios declara-

ron radios de acción restringidos solamente a la provincia en la cual se encontraban; en otros, eran bastante amplios, ejemplo: Arica-Linares, La Serena-Coyhaique. Tres empresas declararon que colocaban sus productos en todo el país.

* Se trata de adobes especiales fabricados en los Estados Unidos.

En cuanto al mercado futuro, diez fábricas indicaron todo el país e, incluso, una consideró posible extenderlo hasta Perú.

Este amplísimo radio de acción señalado por muchas empresas sugiere que se trata de una prefabricación muy elemental, precorte solamente.

Al respecto, conviene destacar que, dentro de este amplio campo de operación, las empresas se enfrentarán a condiciones climáticas muy diversas y, por consiguiente, las necesidades de aislación térmica de la casa y el contenido de humedad de equilibrio de las maderas serán muy diferentes de un punto a otro; asimismo, la vivienda deberá enfrentarse a diferentes riesgos en cuanto a su durabilidad, ya que mientras en la zona sur será de temer la putrefacción por ataque de hongos, en las zonas central y norte lo será el ataque de termitos.

Estos problemas requieren diferentes soluciones y detalles constructivos, que las empresas, en la mayoría de los casos, no han considerado.

5.2 SUPERFICIE DE LAS CASAS

La totalidad de las casas prefabricadas de madera entran en la categoría de viviendas económicas y están acogidas a los beneficios y limitaciones del DFL-2 de 1959. En consecuencia, el límite máximo de superficie para estas viviendas es de 140 m², debido a que una modificación de dicho decreto eliminó el 20% de superficie adicional.

De la Figura 2, donde aparecen los rangos de superficie de las casas prefabricadas por las diferentes empresas, se desprende que un gran número de éstas trabajan en una amplitud comprendida entre 40 y 55 m².

La venta de estas casas industrializadas de madera se realiza parcialmente a través de las Asociaciones de Ahorro y Préstamo, las que para 1965 tenían una superficie unitaria habitacional promedio de 72 m², y en 1964, de 86 m². Si bien se observa una disminución del promedio, todavía es bastante alto, comparado con el

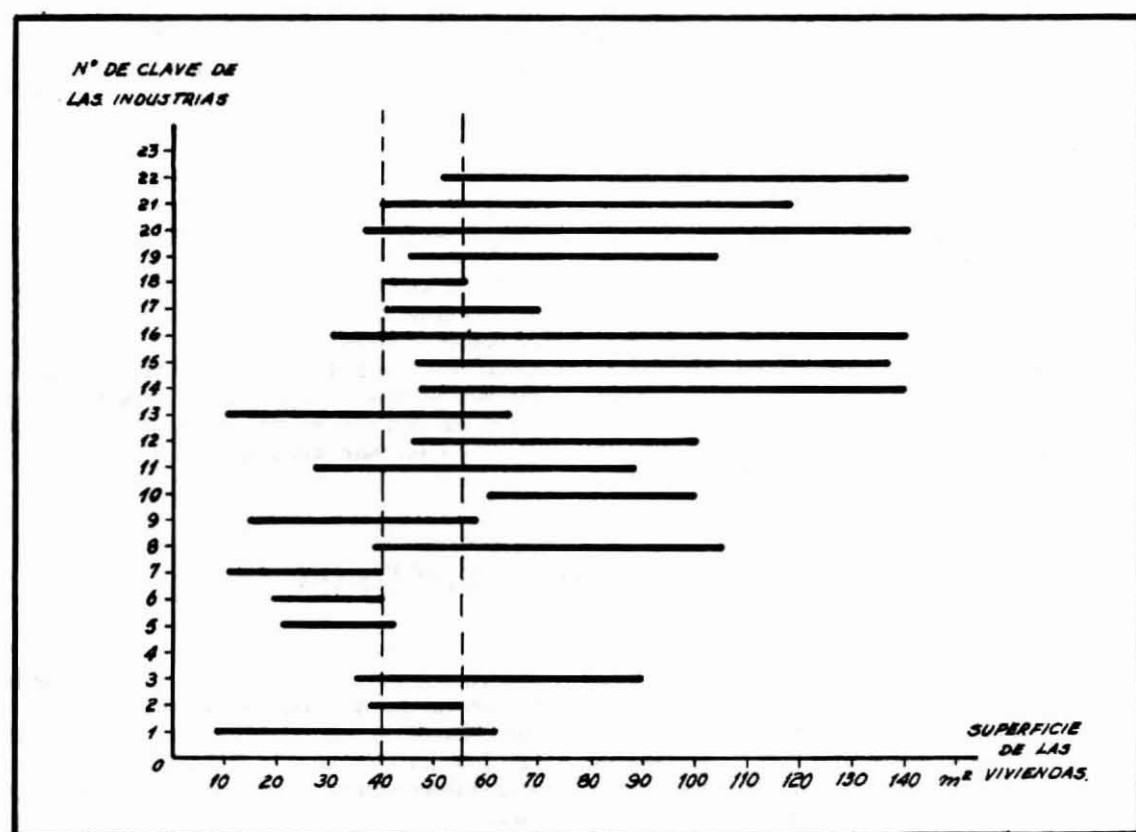


Figura 2. Rangos de superficie de las casas prefabricadas por diversas empresas

rango de 40 a 55 m² de la industria de prefabricación en madera.

Sin embargo, las estadísticas de la Corporación de la Vivienda demuestran que en 1965, las viviendas contratadas fueron en un 47% mínimas, en un 35%, medias y en un 17,5%, superiores, entendiéndose por superficie mínima, media y superior las menores de 40 m², entre 40 y 70 m² y mayores de 70 m², respectivamente.

Estos últimos valores se ajustan bastante bien al promedio de superficie de las viviendas prefabricadas de madera.

5.3 CAPACIDAD DE PRODUCCION DE LAS EMPRESAS

El sismo acaecido en 1965 en la zona central originó una fuerte demanda por viviendas en la región sacudida por el cataclismo, comparada con la que habitualmente existía. Esta demanda, ocasional e inesperada, ejerció un efecto perturbador en la producción y ventas normales de las diferentes empresas, constituyendo el motivo por el cual muchas no dispusieron de cifras promedio anuales de producción de casas o de superficies cubiertas con casas prefabricadas.

Dicha situación influyó en la producción inmediata, elevando las cifras de producción para 1965 de las empresas ubicadas en la zona central.

Se detectó, además, que con anterioridad al sismo, la construcción, en general, en la zona sur ya se hallaba en una etapa de receso, que provocó consecuentemente una disminución de la producción de casas prefabricadas.

Los valores que se dan en el Cuadro 4 han sido elaborados para corregir estas variaciones. Las cifras que figuran para la capacidad potencial anual de producción están basadas en la estimación de los fabricantes para una demanda mayor y constante y con un mejor aprovechamiento del equipo instalado.

Otras empresas, además de las mencionadas, también producen escuelas prefabricadas. Este rubro no se consideró, debido a que, justamente, en la época en la cual se realizó la encuesta había un programa especial de construcciones escolares por parte del Estado, que alteró la demanda normal.

Con el fin de establecer una clasificación de las fábricas en cuanto a capacidad de producción actual, suponemos como límite, la construcción de una casa diaria de 40 m². Encon-

tramos así que trece empresas, equivalentes al 57%, sobrepasan este mínimo (10.000 m² anuales, en 250 días útiles).

5.4 ESPECIES DE MADERA UTILIZADAS Y CONSUMOS ESPECIFICOS

Las siguientes especies se utilizan en las casas prefabricadas como madera estructural: pino insigne, roble, coigüe, ulmo, araucaria, álamo y tino. Para revestimientos interiores y exteriores, pisos y terminaciones, además de algunas de las ya mencionadas, se emplean, raulí, tepa, olivillo, laurel y mañío.

Otros productos forestales usados por las industrias de prefabricación son: tableros de madera terciada, aglomerada y prensada.

En el Cuadro 4 se observa que quince fábricas (65%) utilizan principalmente pino insigne como madera estructural y de revestimiento. Están ubicadas entre Santiago y Concepción. Las fábricas restantes emplean maderas nativas, propias de la zona en que se encuentran.

Resulta interesante destacar que estas quince empresas construyen anualmente 158.000 metros cuadrados (75% del total), ocupando básicamente pino insigne, que está excluido de las infraestructuras en las obras de CORVI, de acuerdo a las "Disposiciones Relativas al Uso de la Madera en las Obras de la Corporación de la Vivienda".

En efecto, según estas normas no podrá utilizarse, salvo disposición expresa en las especificaciones técnicas, madera de pino insigne en poyos, vigas maestras, soleras y envigados que reciban el pavimento del primer piso.

En otras palabras, esto significa que, salvo disposiciones especiales, estas quince empresas no pueden presentarse a propuestas por casas prefabricadas de madera ante la Institución que representa el mayor poder comprador de viviendas en Chile.

En el Cuadro 4, donde figuran los consumos específicos en pulgadas por metro cuadrado construido, se observa que estos valores varían entre un mínimo de 6,1 pulg/m², que corresponde a una vivienda de emergencia sin cielo ni forro interior, hasta un máximo de 22 pulgadas por metro cuadrado, que corresponde a viviendas de superficie muy chica, forradas interior y exteriormente en madera.

Se estima que una cifra entre 13 y 15 pulg/m² sería la normal.

La industria de casas prefabricadas consumió, en 1965, 3.298.000 pulgadas madereras, lo

Cuadro 4. PRODUCCION DE VIVIENDAS PREFABRICADAS, CONSUMO ESPECIFICO E INSUMOS DE MADERA

Industrias Clave	Producción Anual Actual m ²	Capacidad Potencial Anual de Prod. m ²	Consumos específicos pulg./m ²		Insumos de madera para prod. anual actual en pulg.	Insumos de madera para prod. potencial anual en pulg.
			Madera nativa	Pino insigne		
1	12.000	24.000		15	180.000	360.000
2	10.800	21.600		19	204.000	408.000
3	2.000 (1)	20.000	2	15	204.000	340.000
4	3.000	7.200		22	66.000	158.000
5	6.000	24.000	1,5	20,5	132.000	530.000
6	16.000 (2)	50.000 (3)		6,1 (2)	98.000	310.000 (3)
7	24.000 (2)			6,4	150.000	
8	14.000	27.000	1	17	250.000	490.000
9	10.000	45.000		22 (5)	220.000	990.000
10	15.000	36.000	1,7	22	360.000	850.000
11	4.200	90.000		7,9	33.000	710.000
12	12.000	120.000		15	180.000	1.800.000
13	4.200	6.000		20	84.000	120.000
14	10.000	30.000		25	250.000	750.000
15	15.000	160.000		12	180.000	1.920.000
16	2.200	11.000	11	2	29.000	140.000
17	4.000	15.000	6,3		76.000	95.000
18	4.800	40.000	15		72.000	600.000
19	12.000	13.200	13,6		160.000	180.000
20	14.000	24.000	13		180.000	310.000
21	10.000	29.000	15		150.000	435.000
22	4.000	(4)	10		40.000	—
23	2.500 (6)	6.000	(7)		—	—
Totales: 211.700					3.298.000	11.496.000

Fuente: Instituto Forestal.

- (1) Además se producen 10.000 m² para escuelas. La capacidad potencial anual y los insumos de madera para producción actual incluyen este factor.
 (2) Viviendas de emergencia, sin cielo ni forro interior.
 (3) Capacidad potencial combinada de dos empresas de viviendas de emergencia según nota (2).
 (4) Indicó que interrumpirá la producción.
 (5) Pino insigne, principalmente, pero también maderas nativas.
 (6) Durante 1965 sólo fabricaban escuelas.
 (7) Consumo de maderas nativas sin especificar valores.

que representa solamente un 8,7% del consumo total de maderas en el país, que alcanza a 37,8 millones de pulgadas madereras. El consumo en construcción fue en el mismo año aproximadamente de 20 millones de pulgadas, o sea, las casas prefabricadas representan un 16,5% de ese consumo.

Si las fábricas trabajaran a toda su capacidad,

la proyección de los insumos de madera de la industria de prefabricación alcanzarían a 11.496.000 pulgadas madereras. A su vez, la proyección del consumo de maderas en construcción para el año 1970 es de 27,2 millones de pulgadas; por lo tanto, las industrias de prefabricación gravitarán en muchísima mayor escala, con un 42% de la madera destinada a construcción.

5.5 GRADO DE PREFABRICACION

Como se ha indicado anteriormente, se llamará prefabricación a todos los sistemas, aunque ellos sean muy elementales, por lo cual interesa tener una clasificación por grados, que se ajuste a la realidad que se observa en este tipo de construcción en Chile.

De acuerdo al resultado de las encuestas, estos grados son: a) precorte, en taller sólo se cortan los elementos a la escuadría y largo necesarios, el armado se realiza "in situ"; b) sólo paneles de muro muy elementales, en algunos casos llega a la obra armada solamente la es-

tructura del panel, en otros, tiene un forro o puede tener ambos exterior e interior; c) paneles de muro y otros elementos fabricados en taller, estos otros son, generalmente, cerchas de techumbre, y en ocasiones, paneles de cielo; d) paneles de muro altamente elaborados, pueden incluirse entubados eléctricos y cañerías para agua y gas; otros elementos también fabricados en taller: cerchas, paneles de cielo y/o piso e, incluso, unidades de viviendas semi-completas.

En el Cuadro 5 se han clasificado las industrias en estos cuatro grados de prefabricación.

Cuadro 5. GRADO DE PREFABRICACION (1965)

Grado	Nº de empresas	Porcentaje %	Sup. construida m²	Porcentaje %
A	4	17	32.000	15
B	10	44	95.700	45
C	5	22	44.200	21
D	4	17	39.800	19

Fuente: Instituto Forestal.

Los dos primeros grados, que pueden clasificarse como de prefabricación muy elemental, reúnen el 61% de las fábricas y, aproximadamente, el mismo porcentaje en cuanto a superficie construida.

Cabe destacar que existe correlación significativa entre el porcentaje de fábricas de cada grado y el porcentaje de superficie construida.

5.6 PRACTICAS CONSTRUCTIVAS

5.6.1 MODULOS EN PLANTA Y ALTURA

De las 23 empresas encuestadas, siete, o sea el 30%, declararon no ceñirse a un módulo único en la estructuración de la planta. De las 16 restantes, dos indicaron módulos de 3,50 m; dos de 3,20 m; dos de 3,00 m; dos de 1,22 m. y dos de 1,10 m. Las otras seis empresas tienen módulos de 2,50 m, 1,25 m, 1,20 m, 1,11 m, 0,75 m. y 0,60 m. respectivamente.

De esto se desprende que, en la práctica, no hay ningún intento serio de modulación, lo que se origina, en parte, por la inexistencia de elementos de construcción normalizados y, a su vez, provoca el retardo de la estandarización de éstos, al no existir un mercado consumidor fuerte que pueda presionar por dicha normalización.

Esta falta de modulación tiene importancia en la poca elasticidad que presentan los diversos sistemas para intercambiar recubrimientos, tanto interiores como exteriores, tipos de cubierta, puertas, ventanas, etc.

En cuanto a la altura interior de las habitaciones, diez empresas, o sea, el 43%, construyen con 2,40 m. interiores y el resto tiene una gran variedad de medidas, desde los 2,60 m. hasta los 2,05 m. Tres industrias construyen paneles de altura variable, ejemplo: 2,60 m. a 2,00 m, 2,65 m. a 2,20 m. y 2,45 m. a 2,05 m, con el objeto de montar directamente paneles de techo con la inclinación adecuada.

En un país que tiene un grado de prefabricación tan bajo como Chile, esta normalización y modulación es tanto más importante, cuanto que facilitaría la integración de varias empresas, aportando, cada una, partes esenciales para formar un todo, que se pueda armar sin dificultades.

5.6.2 SISTEMA DE FUNDACIONES

En el Cuadro 6, se indican los sistemas de fundaciones que utilizan las fábricas de casas prefabricadas de madera.

El sistema de fundaciones más utilizado, ya sea en la zona central o sur, es el de una zapata de hormigón corrido, vaciado "in situ". Hay quince empresas que utilizan este sistema.

Cinco empresas construyen cimientos aisla-

dos, consistentes en poyos de hormigón como alternativa de los cimientos corridos y tres más usan los poyos de hormigón para fundaciones interiores y zapatas de hormigón corrido para los cimientos perimetrales.

Cuadro 6. SISTEMAS DE FUNDACIONES Y PAVIMENTOS

Industria Clave	Fundaciones		Pavimentos	
	Cimientos	Sobrecimientos	Base	Pavimento
1	Hormigón corrido y poyos	Hormigón (1)	Envigado	Entablado
2	Hormigón corrido	Bloques hormigón	Radier y endurmien- tado	Entablado
3	Hormigón corrido	Bloques hormigón	Radier y endurmien- tado	Entablado
4	Hormigón corrido	Hormigón (1)	Radier y endurmien- tado	Entablado
5	Hormigón corrido	Hormigón (1)	Radier y endurmien- tado	Entablado
6	Patas de paneles enterra- das	—	—	—
7	Radier hormigón	—	Radier	—
8	Radier hormigón	—	Radier y endurmien- tado	Entablado
9	Hormigón corrido	Bloques hormigón	Radier o envigado	Parquet (2)
10	Hormigón corrido	Hormigón (1)	Radier	Lámino-parquet (3)
11	Hormigón corrido	Bloques hormigón	Radier o envigado	Parquet (4)
12	Hormigón corrido	Hormigón (1)	Envigado	Entablado
13	Poyos madera	—	Envigado	Entablado
14	Radier hormigón	—	Radier afinado	Lámino-parquet
15	Hormigón corrido	Hormigón (1)	Radier y endurmien- tado	Entablado
16	Poyos de hormigón in situ	—	Envigado	Entablado
17	Hormigón corrido y poyos hormigón	—	Envigado	Entablado
18	Poyos de hormigón o ma- dera	—	Envigado	Entablado
19	Poyos de hormigón o ma- dera	—	Envigado	Entablado
20	Hormigón corrido	Hormigón (1)	Envigado	Entablado
21	Hormigón corrido y poyos de hormigón	Hormigón (1)	Envigado	Entablado
22	Hormigón corrido o poyos de hormigón	Hormigón (1)	Envigado	Entablado
23	Hormigón corrido o poyos de hormigón o madera	Hormigón (1)	Envigado	Entablado

(1) Hormigón corrido "in situ".

(2) También Flexit o entablado como alternativas.

(3) También Superflexit.

(4) También entablado.

Solamente cuatro empresas consultan cimientos aislados, consistentes en poyos de madera (roble generalmente) como alternativa a los poyos de concreto.

De lo anterior se deduce que, prácticamente, no hay ninguna prefabricación a nivel de fundaciones y que los sistemas de cimientos corridos gozan de preferencia, aun en la zona sur.

En cuanto a los sobrecimientos, éstos son en su totalidad de hormigón, ya sea vaciado "in situ" o confeccionado mediante bloques.

5.6.3 PAVIMENTOS

Aproximadamente la mitad de las empresas usan como base de pavimento un radier de hormigón, y la otra mitad utiliza envigados de madera apoyados en los sobrecimientos de hormigón o en vigas maestras que, a su vez, descansan en poyos de hormigón o madera.

Se observan, marcadamente, tendencias zonales, pues casi todos los sistemas que utilizan envigado se hacen en la zona sur.

En cuanto al pavimento mismo, un gran porcentaje utiliza el entablado, ya sea pino insigne o en especies nativas. Esto obliga, en el caso del radier, a disponer de un endurecimiento que queda parcialmente embebido en el hormigón del radier. La práctica usual en estos casos consiste en dejar los durmientes de 2" x 2" ó 2" x 3" embebidos en el concreto. Para estos durmientes se utilizan tanto maderas duras como pino insigne y la única protección que se les da es una aplicación de creosota con brocha.

Esta práctica conduce a un gran riesgo de infección de las maderas por hongos, pues si está húmeda (con una humedad cercana al punto de saturación) no tiene posibilidad de secarse por carecer de ventilación. Cabe destacar que en Gran Bretaña, por ejemplo, es obligatorio impregnar estas piezas.

La protección contra la humedad debería considerarse en cualquier tipo de vivienda, pero adquiere fundamental importancia en las de madera, como un modo de aumentar la durabilidad de ésta.

Si el radier no está construido de acuerdo a buenas normas, no constituirá una barrera contra la absorción de humedad del terreno por capilaridad. El concreto de por sí no es impermeable, a no ser que sea de alta calidad, lo que no es el caso en los radieres. Si éste no puede evaporar la humedad, debido a la presencia del pavimento, ésta se depositará bajo el pavimento, creando una fuente permanente de hume-

dad para las maderas, que se traducirá en una desintegración por pudrición.

Como ejemplo de lo que en los países anglosajones se consideran normas apropiadas para la construcción de radieres, se dan a conocer algunos detalles técnicos. Para el problema de la permeabilidad, es práctica corriente colocar una barrera contra el vapor de agua bajo los radieres de hormigón.

La barrera de hormigón o membrana impermeable, debe poseer las siguientes cualidades: alta resistencia al paso del vapor de agua, durabilidad a la acción de la humedad y resistencia mecánica suficiente para resistir malos tratos antes y durante el vaciado del hormigón. Un material que puede servir para estos propósitos es el fieltro para techo, del tipo de 50 lb. por rollo (aproximadamente 100 pies cuadrados según norma ASTM), con las uniones traslapadas y selladas con asfalto caliente. Recientemente, se ha comenzado a aplicar, en gran escala, los filmes de polietileno, convenientemente sellado en las uniones.

Aún más, para evitar las grietas por contracción de fraguado en el hormigón, se refuerza el radier con una malla de alambre.

En los Estados Unidos (Anderson, 1965) se especifican espesores mínimos de 10 cm. para el radier de hormigón y para la capa de ripio grueso, respectivamente (Figura 3).

De lo anterior se desprende, que un método para asegurar una adecuada protección contra la humedad es construir el radier de acuerdo a las prácticas anglosajonas. Sin embargo, una manera de mejorar notablemente la baja calidad actual de los radieres de hormigón, consistirá en disponer de una capa de ripio grueso, de espesor suficiente para cortar el paso de la humedad, que sube por capilaridad.

Como se dijo, el envigado es usado con frecuencia como base de pavimentos. Si este envigado no está convenientemente ventilado y a cierta distancia mínima del suelo, también corre graves riesgos de deterioro por ataque de hongos e insectos.

En este caso, las especificaciones para una protección conveniente, considerando maderas no tratadas con preservantes, debieran ser una distancia mínima de 45 cm. entre el borde inferior de las vigas y el suelo, y una superficie de ventilación mínima de 1/160 de la superficie delimitada por los sobrecimientos, repartida convenientemente en, por lo menos, cuatro troneras, que aseguren una buena ventilación transversal.

La práctica de usar maderas tratadas con

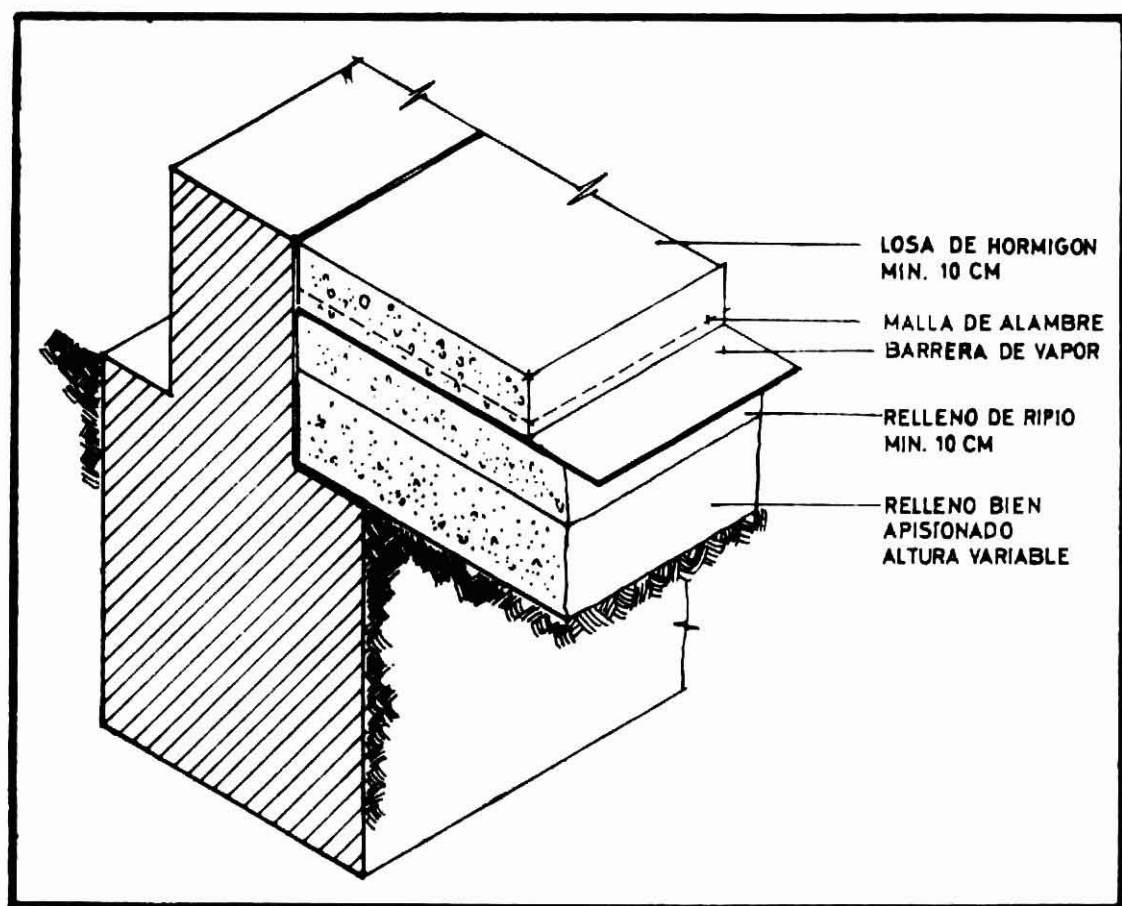


Figura 3. Radier de hormigón impermeable

preservantes, está recién en sus comienzos en Chile y, salvo poquísimas excepciones, no se han usado maderas tratadas en las casas prefabricadas.

5.6.4 MUROS

En los muros podemos distinguir varios elementos: estructura, revestimientos exteriores, revestimientos interiores y aislaciones térmicas y/o de la humedad en forma de lluvia o vapor de agua.

En el Cuadro 7, donde se dan las principales características de los muros utilizados en las casas industrializadas de madera, se observa que hay 19 sistemas (la mayoría) basados en una estructura revestida por ambas caras; 3 sistemas en estructuras de madera en empalizadas macizas y 1 sistema en base a un panel

de alma llena de madera aglomerada, revestido por ambas caras con terciado.

Los sistemas de estructura revestida utilizan diversas escuadrías para las soleras, pie derechos, diagonales y cadenetes, que son los elementos constitutivos. En general, la dimensión más usada es la que corresponde a una escuadría nominal de 2" x 3". No siempre estas estructuras llevan diagonales y, en muchos casos, en que éstas se encuentran presentes, están mal diseñadas, pues cortan los pie derechos, en lugar de estar embutidas en una muesca en ellos, con lo cual el panel sufre en cuanto a su rigidez y resistencia (Figura 4).

Para comparar la efectividad de los arriostramientos usuales en muros con entramados de madera. En Estados Unidos (Anderson, 1965), se han llevado a cabo numerosos ensayos de paneles

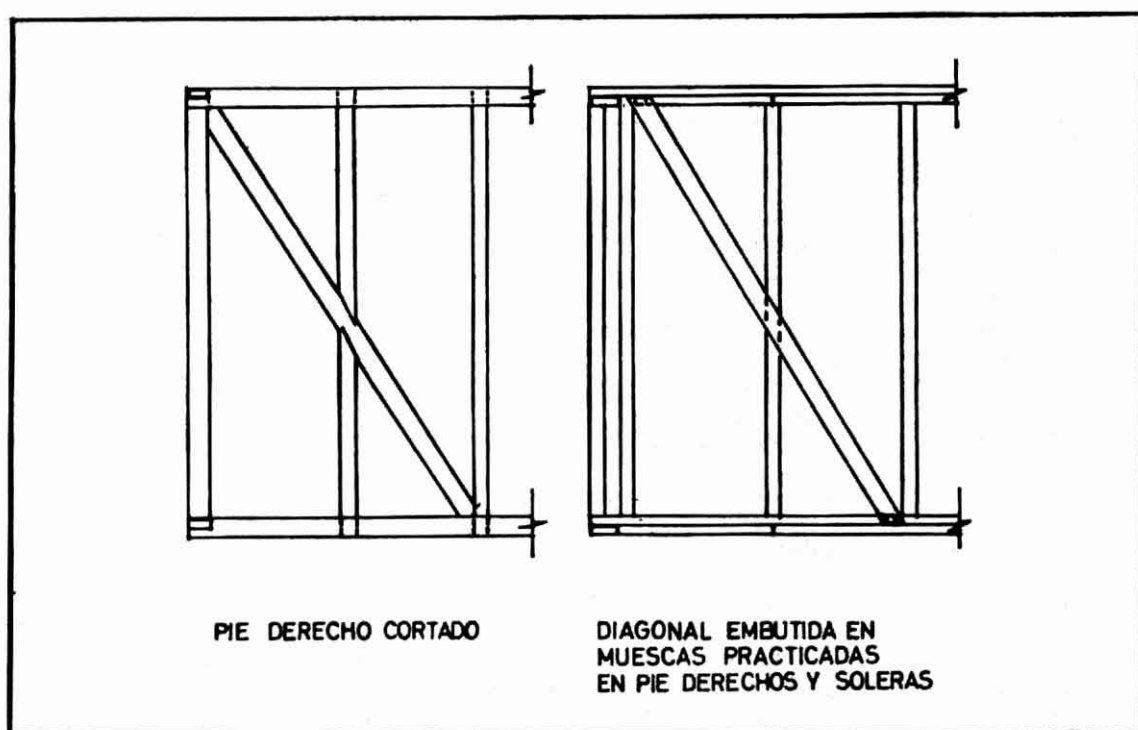


Figura 4. Diagonales en muros

sometidos a fuerzas horizontales y ha determinado la rigidez relativa de diversos tipos de construcción. En el caso típico de paneles, uno con diagonales cortando los pie derechos y el segundo con diagonales embutidos, se llegó a los siguientes resultados:

	Rigidez relativa	Resistencia relativa
Panel con diagonales 2" x 2" cortando pie derechos.....	1.0	1.0
Panel con diagonales 1" x 4" embutidas en pie derechos	1.6	2.6

Los sistemas de estructura de empalizadas (tablones macizos) tienen la ventaja de poseer una buena aislación térmica y acústica y de eliminar los revestimientos exteriores e interiores, pues el mismo tablón cumple con estos objetivos; pero, en general, adolecen de poca rigidez, especialmente aquellos formados por tablones verticales, como lo demuestran algunos ensayos.

El "National Bureau of Standards de los Estados Unidos" (U. S. National Bureau of Standards BM 537), ha realizado ensayos de resis-

tencia a cargas horizontales en muros formados por tablones verticales de madera de 13/8" (34,9 mm.) de espesor con soleras (superior e inferior). La resistencia máxima de este muro fue de 605 kg/ml, en circunstancias que la "Federal Housing Administration" exige una resistencia mínima de 965 kg/ml. Cabe destacar además, que el panel ensayado tenía como recubrimiento interior terciado de 1/4" (6 mm.) clavado a los tablones, lo que aumenta la rigidez del muro.

La rigidez y resistencia de los muros tienen especial importancia en un país sísmico como el nuestro, que frecuentemente está expuesto a terremotos, y, en ciertas zonas, a vientos huracanados; en consecuencia, estos aspectos no deben descuidarse en un buen diseño.

Un 87% de las empresas usan forros exteriores de madera, ya sea en tinglados horizontales o verticales. El espesor de este tinglado es generalmente de 3/4" a 1". Tiene gran acogida la colocación vertical del tinglado, en circunstancias que ofrece mayores problemas técnicos para aislación térmica y contra el agua. Las maderas utilizadas son pino, en la zona central, y nativas, en la zona sur.

Dos de las veintitrés firmas utilizan planchas

Cuadro N° 7
Características de los muros

Industria Clave	Estructura	Revestimiento Exterior
1	Pie derechos y soleras 2" x 3", diagonales	Tinglado pino 1"
2	Pie derechos y soleras 1½" x 2", diagonales	Tinglado pino ¾"
3	Tablones macizos 2", verticales	—
4	Pie derechos y soleras 2" x 3", diagonales	Tinglado pino ¾"
5	Tablones macizos 4", horizontales	—
6	Pie derechos y soleras	Pino
7	Pie derechos y soleras 2" x 2"	Tinglado pino 1"
8	Pie derechos 4" x 4" y tablones macizos 2" x 6"	—
9	Pie derechos y soleras 2" x 3", diagonales	Tinglado pino 1" o asbesto-cemento
10	Pie derechos y paneles de madera aglomerada revestidos con terciado	—
11	Pie derechos soleras y cadenetras	Tinglado pino ¾"
12	Pie derechos y soleras 2" x 3", diagonales	Tinglado pino ¾" (2)
13	Pie derechos y soleras 2" x 3", diagonales	Tinglado pino ¾"
14	Pie derechos y soleras	Madera o asbesto-cemento
15	Pie derechos y soleras 1½" x 3", diagonales	Traslado vertical pino 1"
16	Pie derechos y soleras 2" x 3", diagonales	Traslado horizontal ulmo o coigüe 1"
17	Pie derechos y soleras 2" x 3", diagonales	Traslado vertical ulmo u olivillo 1"
18	Pie derechos y soleras 2" x 3", cadenetras	Traslado hor. o vertical roble ¾"
19	Pie derechos y soleras, diagonales, cadenetras	Traslado vertical laurel o coigüe 1"
20	Pie derechos y soleras 2" x 3", diagonales	Traslado vertical laurel o ulmo 1"
21	Pie derechos y soleras 2" x 4", cadenetras	Traslado vertical madera nativa 1"
22	Pie derechos y soleras 2" x 3" y 3" x 3"	Traslado horizontal ulmo o laurel ¾"
23	Pie derechos y soleras 2" x 3" y 3" x 3"	Fierro galvanizado en V

(1) Otros elementos aparte de los constituyentes de la estructura.

(2) También olivillo y laurel.

(3) El tabique interior tiene tablas de yeso en ambas caras y paja; el exterior tiene además

Revestimiento interior	Sistema de unión	Aislación térmica y/o de la humedad (1)
Entablado pino 1½"	Clavado	_____
Entablado pino ½"	Clavado	_____
_____	Machihembrado y encolado	_____
Entablado pino ¾"	Clavado	_____
_____	Endientado y tensores	_____
_____	Clavado	_____
_____	Clavado y apernado	_____
_____	Machihembrado y tensores	_____
Tablas de yeso	Clavado y encolado	Lana de vidrio, poliestireno expandido o viruta
_____	Clavado	_____
Tablas de yeso	Clavado y apernado	_____
Entablado pino ¾"	Clavado y apernado	Fieltro y entablado horizontal de ½"
Entablado pino ½"	Clavado	Viruta, aserrín y cal apagada
Tablas de yeso	Encolado y refuerzos metálicos	Tabla de yeso y paja (3)
Entablado pino ¾"	Clavado	Fieltro, polietileno o viruta
Entablado pino ¾"	Clavado	Fieltro
Entablado pino ¾"	Clavado	Fieltro
Entablado madera color ¾"	Clavado	_____
Entablado pino ½"	Clavado y llaves de madera	_____
Entablado tepa, olivillo o pino ¾"	Clavado y llaves de madera	Fieltro y lana de vidrio
Entablado madera nativa ⅝"	Clavado	_____
Entablado tepa o maño ½"	Clavado	Fieltro o polietileno
Entablado tepa o pino ⅝"	Clavado y llaves de madera	Viruta y cal

asbesto-cemento encolado. Todo el panel se fabrica a presión.

lisas de asbesto cemento al exterior, en un caso clavadas, y en el otro, encoladas y prensadas junto con el panel.

Para revestimientos interiores se usa preferentemente el entablado vertical machihembrado de pino, incluso, en algunas fábricas ubicadas en la zona sur. En el resto de las fábricas se utilizan maderas nativas. Otra solución es el empleo de láminas de yeso (Volcanita). El espesor más frecuentemente utilizado es de 3/4".

Como sistema de unión, el clavado es el que más se usa, si bien a veces se combina con pernos, tensores, encolado y otros. En los casos en los cuales se ha usado encolado, ha consistido en resinas sintéticas de urea formaldehído o neoprene.

La columna referente a aislación térmica y/o de la humedad, considera aquellos materiales que no constituyen la estructura misma y los forros como aislantes. En un 56% de los casos, la aislación queda dada únicamente por estos elementos, más la capa de aire que se produce en los sistemas de estructura revestida.

En algunos casos se ha puesto una barrera contra el agua de lluvia y en otros, se ha considerado sólo la aislación térmica.

Una buena construcción debiera considerar tres aspectos en la aislación: protección del agua lluvia, barrera contra el vapor de agua y aislación térmica.

Dado que nuestro país no sufre, en general de clima riguroso, la aislación térmica podría omitirse en viviendas de bajo costo, pero debieran considerarse los otros dos aspectos, pues inciden directamente en la durabilidad.

En efecto, si no se dispone de una adecuada barrera impermeable, el agua lluvia puede penetrar al interior de la estructura del muro y crear un posible foco de infección por hongos. Debe disponerse, entonces, de una barrera impermeable al agua, por ejemplo, papel fieltro debajo del forro exterior.

Debido a la mayor presión del vapor de agua en el interior de la vivienda con respecto al exterior, éste trata de alcanzar la zona más fría de baja presión alrededor de la casa (ver Figura 5). Si este vapor penetra en la cavidad del muro, producirá los mismos inconvenientes citados anteriormente con respecto al agua de lluvia. La solución, en este caso, consistirá en disponer de una membrana impermeable al vapor de agua, que deberá colocarse hacia el lado interior del muro (ver Figura 6).

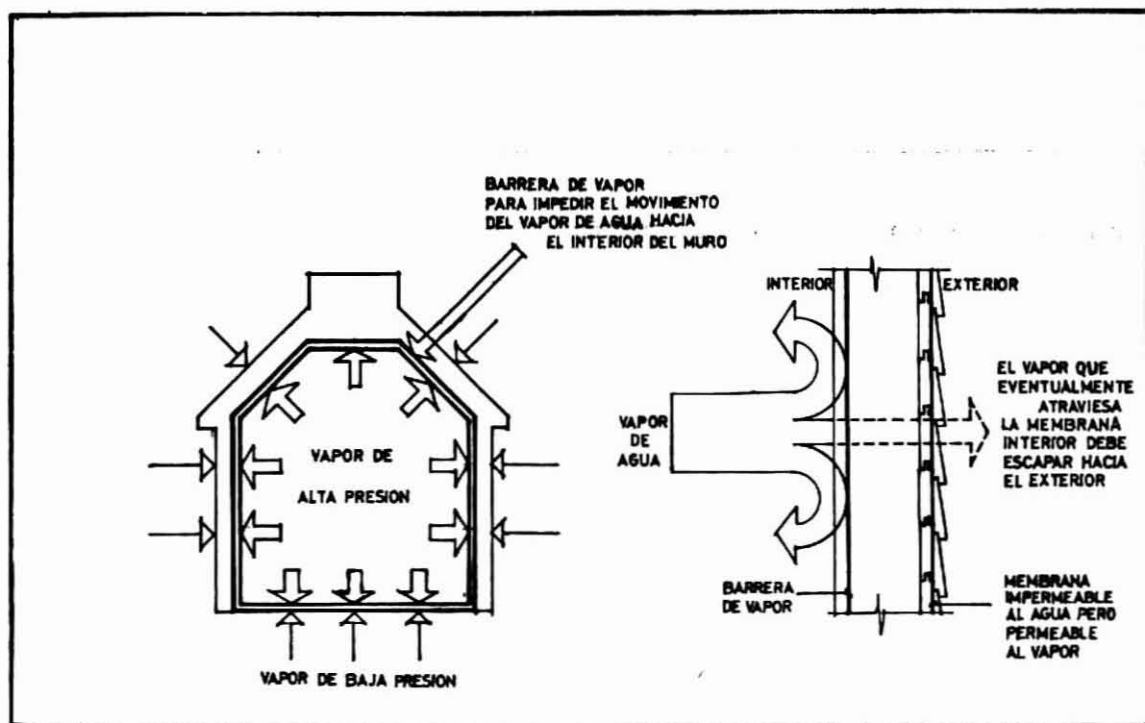


Figura 5. Presiones del vapor de agua

Figura 6. Barreras de humedad y de vapor de agua

Es importante destacar que la barrera contra la humedad debe ser permeable al vapor de agua, de modo que si alguna pequeña cantidad de vapor atraviesa la membrana interior, la segunda membrana no debe impedir su salida al exterior; en otras palabras, ésta debe poder "respirar".

La barrera contra el vapor puede consistir en una hoja delgada de metal, o una membrana de polietileno o algún material similar.

Estas sencillas disposiciones constructivas aumentarán notablemente la calidad de las casas prefabricadas de madera.

5.6.5 TECHUMBRE

Al igual que en el caso de los muros, podemos distinguir varios elementos: estructura, cubierta, cielo raso y aislantes.

Las principales características de techumbre de las casas producidas por las industrias de prefabricación se resumen en el Cuadro 8.

Los diversos tipos de estructura de techumbre se pueden dividir en tres grupos: aquellos que tienen un sistema común de tijerales, acompañados casi siempre por vigas de cielo; los sistemas de paneles que son fundamentalmente iguales al tipo anterior, pero en los cuales normalmente va incluido el cielo y, por lo tanto, corresponden a una etapa más avanzada de prefabricación y, finalmente, las estructuras en base a cerchas prefabricadas.

Ocho fábricas (un 35% del total) estructuran la techumbre con tijerales de pino o maderas nativas en distintas escuadrias y separaciones. En algunos casos, el mismo tijeral sirve de estructura de techumbre y de cielo y va a la vista interiormente con el cielo, siguiendo la pendiente de la techumbre.

Solamente tres fábricas (el 15%) tienen sistemas de prefabricación más avanzados, en los cuales se incluyen la estructura y el cielo, formando paneles.

El 52% de las fábricas emplean cerchas prefabricadas con uniones clavadas como estructura. Estas cerchas están distanciadas, generalmente, cada 1,0 m, en contraposición a la práctica anglosajona de hacer cerchas livianas (trussed-rafters) distanciadas cada 2 pies (aprox. 60 cm) a eje. Esta última solución tiene la ventaja sobre las distancias mayores de dar sustentación directa a los cielos de láminas de yeso.

Las cerchas son de pino insigne en la zona central, y de coigüe o ulmo, principalmente, en la zona sur.

Como soluciones de cubierta, los materiales más empleados son las planchas onduladas de acero cincado y las planchas onduladas de asbesto-cemento. Ambas soluciones se emplean casi en iguales proporciones, siendo un poco más frecuente el empleo de planchas de acero cincado, especialmente, en la zona sur. Seis empresas utilizan indistintamente uno u otro sistema.

Otros materiales empleados son las tejas de asbesto-cemento, la de cemento o de arcilla y las tejuelas de alerce, en la zona sur.

Para los cielos, la gran mayoría (74%) coloca entablados machihembrados, generalmente de pino de $\frac{1}{2}$ " ó $\frac{3}{4}$ " de espesor. La otra solución consiste generalmente en láminas de yeso (Volcanita).

Como se indicó anteriormente, sólo tres fábricas incluyen el cielo con la estructura formando paneles prefabricados.

Doce fábricas (52%) colocan algún tipo de aislación térmica en el entretecho, generalmente encima del envigado. Esta aislación es, casi siempre, de lana de vidrio, de un espesor de 5 cm, o poliestireno expandido; también se utiliza fieltro o barro con paja.

La misma observación que se hiciera referente a la necesidad de colocar una barrera contra el vapor de agua, cabe hacerla aquí para el entretecho. No debe permitirse el paso del vapor de agua donde pueda ocasionar daños a la estructura.

Una falla frecuente, encontrada en los detalles de techumbre, es la falta de ventilación adecuada. Esta cumple dos propósitos: enfriar la casa en verano, y evitar la condensación de humedad en el entretecho, con el consecuente riesgo de pudrición de la estructura. Esta ventilación es principalmente importante cuando la cubierta es de planchas de acero cincado, pues éstas producen condensación en su superficie interior. Las troneras de ventilación deben ubicarse en los frontones, cerca de la cúspide y también se puede combinar con aberturas en los aleros. Estas aberturas deberán protegerse con mallas de alambre o con celosías, para impedir la entrada de pájaros o animales.

Las superficies mínimas para ventilar un área determinada deben ser las que se indican en la Figura 7.

Otro defecto constructivo del que adolece gran número de casas prefabricadas de madera es la ausencia de canales y bajadas de agua de lluvia, suprimidos generalmente por razones de economía. Esto, unido a la falta de cuidado en disponer de corta-goteras, crea una fuente

Cuadro N° 8
Características de Techumbre

Industria Clave	Estructura	Cubierta
1	Tijerales roble 1½" x 4" a 1.0 m., vigas cielo roble 2" x 4"	Fierro cincado
2	Cerchas pino a 1.0 m.	Fierro cincado o plancha asbesto-cemento
3	Vigas coigüe o roble 1" x 4"	Fierro cincado
4	Tijerales 2" x 3" a 1.0 m., vigas cielo 2" x 3" a 0.50 m.	Fierro cincado o plancha asbesto-cemento
5	Tijerales 2" x 5"; vigas cielo 2" x 4"	Plancha asbesto-cemento o teja
6	Vigas 2" x 5" pino	Plancha asbesto-cemento
7	Vigas 1" x 4" pino	Plancha asbesto-cemento
8	Cerchas pino 1" x 6" dobles a 1.11 m. o envigado pino 1½" x 5"	Fierro cincado o plancha asbesto-cemento
9	Cerchas araucaria	Plancha o tejuela asbesto-cemento
10	Cerchas pino 2" x 4" y 1" x 4"	Fierro cincado o tejuela asbesto-cemento
11	Paneles estructura pino 1", 1½" y 2" x 3" (3)	Plancha asbesto-cemento
12	Cerchas pino, separación 50 a 90 cm.	Fierro cincado o plancha asbesto-cemento 4)
13	Vigas roble 2" x 3" con pendiente	Plancha asbesto-cemento
14	Cerchas pino 1" x 4" a 1.22 m. y viguetas álamo 2" x 3"	Plancha asbesto-cemento o fierro cincado
15	Cerchas pino 1" x 4" o 1" x 5" a 1.00 m.	Plancha asbesto-cemento
16	Cerchas ulmo o tepa 2" x 4" a 0.90 m.	Fierro cincado
17	Tijerales ulmo 2" x 8" para cubierta y cielo	Fierro cincado
18	Paneles con vigas 1" x 5" cada 1.40 m.	Fierro cincado
19	Paneles con vigas 1½" x 5" e intermedias 2" x 3" (5)	Fierro cincado
20	Cerchas ulmo 1½" x 6" cada 1.00 m.	Tejuela alerce
21	Cerchas dobles 1" x 4" cada 1.00 m.	Tejuela alerce, o plancha asbesto-cemento
22	Cerchas ulmo 1" x 4" cada 0.90 m.	Fierro cincado
23	Cerchas coigüe, ulmo o tineo	Fierro cincado

- (1) También poliestireno expandido o viruta en viviendas económicas.
 (2) Va incorporado al panel de cielo.
 (3) Con un envigado de cielo en 1" x 6" a 0.50 m.
 (4) También tejas de arcilla o cemento.
 (5) En casas mayores cerchas ulmo 1½" x 4" cada 1.10 m.

Cielo	Aislación
Entablado pino 1/2" machihembrado	Lana de vidrio 5 cm.
Entablado o poliestireno expandido	Poliestireno expandido
Entablado pino 3/4" machihembrado	Lana de vidrio 5 cm.
Entablado pino 3/4" machihembrado	_____
Entablado pino 1/2" machihembrado	_____
_____	_____
Entablado pino 3/4" machihembrado	_____
Tablas de yeso	Lana de vidrio (1)
Panel con bastidor y tablas de yeso	Poliestireno expandido (2)
Tablas de yeso	_____
Entablado pino 3/4" o tablas de yeso	Barro c/paja u hormigón liviano
Entablado pino 1/2" machihembrado	_____
Tablas de yeso	Poliestireno expandido
Entablado pino 3/4" o tablas de yeso	Lana de vidrio
Entablado pino 1/2" machihembrado	Polietileno y aserrín 5 cm.
Entablado pino 3/4"	Bitumoid
Entablado pino 3/4" machihembrado	_____
Entablado pino 1/2" o tablas de yeso	Entablado laurel 1" y fieltro
Entablado tepa olivillo o laurel 1/2"	Lana de vidrio sólo para planchas cincadas
Entablado 5/8"	_____
Panel con entablado 1/2" y bastidor 1" x 4"	_____
Panel con entablado y cadenetas	_____

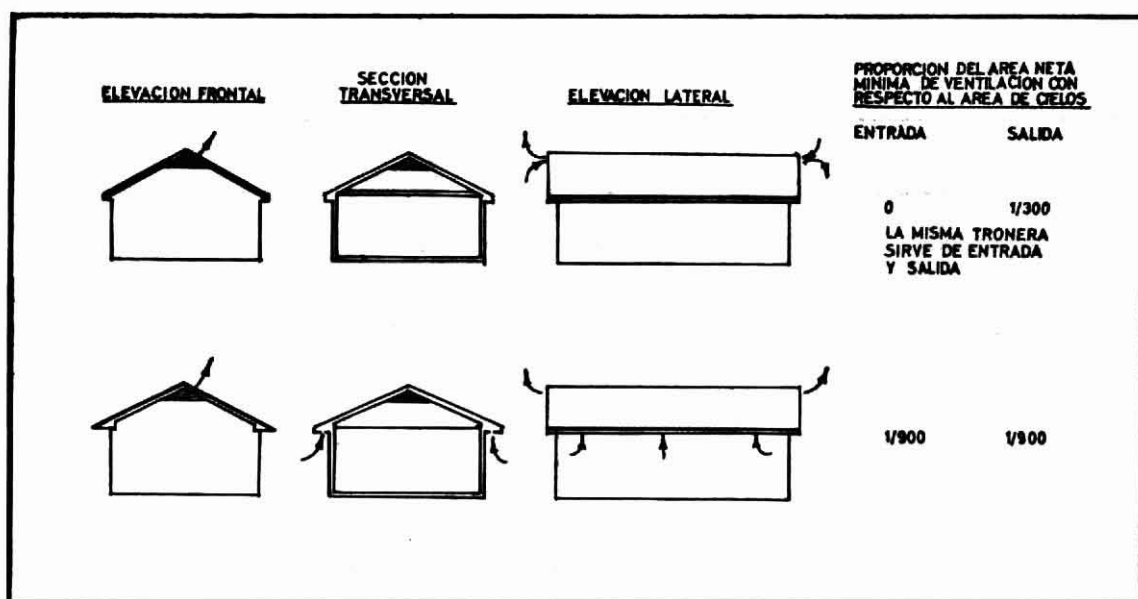


Figura 7. Áreas mínimas de las aberturas de ventilación para techumbres.

de humedad sobre el recubrimiento de los muros exteriores, que se traduce en una menor duración de éstos.

5.6.6 PUERTAS Y VENTANAS

En el Cuadro 9 aparecen las características de puertas y ventanas de las casas prefabricadas de madera.

Los marcos de puertas y ventanas se producen en las fábricas que hacen las casas en un 83% de los casos (19 fábricas). Se utiliza gran variedad de especies de madera en su fabricación: pino araucaria, raulí, olivillo, tepa, laurel, ulmo, mañío.

Con las hojas de puertas no sucede lo mismo, ya que trece empresas las compran y diez las fabrican (57% y 43% respectivamente). En cuanto a los tipos de puertas utilizados, se pueden clasificar en: bastidores forrados por ambas caras con madera terciada o madera prensada, y en puertas atableradas. Los porcentajes del número de empresas que utilizan cada uno de estos tres tipos son respectivamente, 52%, 13% y 35%.

Las puertas de terciado y las de madera prensada son compradas en casi un 90%, mientras que las atableradas son producidas por las fábricas de casas en el 100% de los casos.

De los marcos de ventanas puede decirse prácticamente lo mismo que de los marcos de puertas. En cuanto a las hojas de ventanas, 17

fábricas (74% del total) las producen con variadas especies de madera.

5.7 LA INDUSTRIA DE CASAS PREFABRICADAS Y PRECORTADAS DE MADERA EN CHILE Y EL PROBLEMA HABITACIONAL

El estudio de la producción anual y de la capacidad de las fábricas en operación, el año 1965, dio las siguientes cifras: 211.700 m² de producción y una capacidad instalada, según estimaciones hechas por los propios empresarios, de 919.000 m², anuales. Si comparamos estas cifras con las del Cuadro 2, veremos que la producción anual representa aproximadamente sólo el 6,8% de la superficie construida en 1965. La capacidad instalada corresponde a un 29,4% de la superficie construida en ese año, la que debiera ser aproximadamente el promedio de superficie construida anual, para cumplir con las metas del plan habitacional del Gobierno.

Conviene tener presente que la capacidad potencial de producción indicada por los fabricantes, se basa en un mejor aprovechamiento del equipo instalado, completándose con muy poca maquinaria nueva. Es lícito suponer que si la demanda es fuerte, se instalarán nuevas fábricas mejor montadas, las que permitirán una mayor participación de las casas industrializadas de madera en la construcción.

Cuadro Nº 9
Puertas y Ventanas

Industria	Puertas		Ventanas	
Clave	Marcos	Hojas	Marcos	Hojas
1	Raulí, comprados	Terciado, compradas	Raulí, comprado	Raulí compradas
2	Olivillo, comprados	Terciado, compradas	Olivillo, comprado	Raulí compradas
3	Pino, se fabrican	Terciado, compradas	Pino, se fabrican	Raulí compradas
4	Raulí, comprados	Terciado o atableradas, compra- das	Raulí, comprado	Raulí compradas
5	Raulí, se fabrican	Madera prensada, compradas	Raulí, se fabrican	Raulí se fabrican
6	Pino, se fabrican	Atablerado, se fabrican	Pino, se fabrican	Postigo pino, se fabrican
7	Pino, se fabrican	Atablerado, se fabrican	Pino, se fabrican	Postigo pino, se fabrican
8	Raulí, se fabrican	Terciado, compradas	Araucaria, se fabrican	Araucaria, se fabrican
9	Pino, se fabrican (1)	Terciado, compradas	Pino, se fabrican	Araucaria, se fabrican
10	Araucaria, se fabrican	Terciado, compradas	Araucaria, se fabrican	Raulí compradas
11	Raulí, se fabrican	Terciado, compradas (2)	Raulí, se fabrican	Raulí se fabrican
12	Olivillo, comprados (3)	Madera prensada, compradas	Olivillo, comprados (3)	Olivillo, comprados (3)
13	Tepa, se fabrican	Atablerado, se fabrican	Tepa, se fabrican	Raulí se fabrican
14	Pino, se fabrican	Terciado, se fabrican	Pino, se fabrican	Pino, se fabrican
15	Araucaria, se fabrican (4)	Madera prensada, se fabrican	Araucaria, se fabrican (4)	Araucaria se fabrican (4)
16	Laurel u olivillo, se fabrican	Atablerado, se fabrican	Laurel u olivillo, se fabrican	Laurel u olivillo, se fabrican
17	Ulmo, se fabrican (4)	Prensado o terciado, compradas	Ulmo, se fabrican (4)	Ulmo se fabrican (4)
18	Raulí, se fabrican	Atablerado, se fabrican	Raulí, se fabrican	Raulí se fabrican
19	Laurel o raulí, se fabrican	Terciado, compradas (2)	Laurel o raulí, se fabrican	Laurel o raulí, se fabrican
20	Raulí, se fabrican	Terciado, compradas (2)	Raulí, se fabrican	Raulí, se fabrican
21	Laurel, se fabrican	Atablerado, se fabrican	Laurel, se fabrican	Laurel, se fabrican
22	Laurel, se fabrican	Atablerado, se fabrican	Laurel, se fabrican	Laurel, se fabrican
23	Mañío o laurel, se fabrican	Terciado, se fabrican	Mañío o laurel, se fabrican	Mañío o laurel, se fabrican

(1) También en araucaria y raulí.

(2) Al exterior son atableradas.

(3) También laurel y raulí.

(4) También pino.



INFOR

Resulta interesante analizar lo ocurrido en la llamada Operación Sitio en las comunas de Santiago, destinada a construir habitaciones y urbanizar terrenos para atender la emergencia originada por el sismo y los temporales de 1965. Se llamó a propuestas por sistemas prefabricados para 4.245 viviendas, con un total de 173.108 m². Los sistemas presentados se pueden clasificar, atendiendo a sus características constructivas y a los materiales empleados, en:

- Grupo A. Sistemas en base a tabiquería con estructura de madera revestida por ambas caras, formando paneles.
- Grupo B. Sistemas con estructuras de madera en empalizadas macizas.
- Grupo C. Sistemas con estructuras de paneles de alma llena, de madera natural o aglomerada, revestidos por ambas caras.
- Grupo D. Sistemas con estructuras metálicas y rellenos de placas de hormigón o albañilería.
- Grupo E. Sistemas con estructuras de hormigón armado y placas del mismo material o aglomerados, estucados con mortero de cemento por ambas caras.

De los tres primeros grupos, es decir, aquellos que utilizan la madera como elemento básico, se construyeron 132.113 m², o sea, representan más de un 76% de la superficie construida.

De lo expuesto se deduce que, si bien la participación de las casas de madera industrializadas es aún modesta, existen las condiciones y posibilidades para que esta cuota aumente en un futuro próximo.

5.8 OPINIONES DE LOS PRODUCTORES DE CASAS PREFABRICADAS

Se estimó interesante y útil conocer las ideas de los productores de casas de madera prefabricadas, respecto a la actual aceptación de éstas y las posibilidades futuras de la industria.

Se incluyó, además, una pregunta referente a la misión, que a juicio de los empresarios, le cabría desarrollar al Instituto Forestal para impulsar la industria de prefabricación.

A continuación se resumen las opiniones de los industriales respecto a cada uno de los problemas planteados.

5.8.1 ACEPTACION DE LA CASA PREFABRICADA DE MADERA:

La pregunta planteada fue: ¿Considera Ud. que las casas de madera prefabricadas tienen aceptación entre el público? En caso contrario, ¿Cuáles son, a su juicio, los motivos principales?

En general, los empresarios consideran que la casa prefabricada de madera tiene aceptación entre el público. Nueve industriales lo consideraron así sin reservas y ocho, creen que la reacción del público es favorable, pero expresan sus reservas, por cuanto esta disposición favorable puede cambiar si no se ofrece una calidad adecuada.

Tres industriales estimaron que existe una gran resistencia de parte del público consumidor, culpando a los prejuicios por las casas de madera, en general, y a la prefabricación, en particular; además, a la baja calidad de las casas, lo que las ha desprestigiado.

Se indica también que ha habido un cambio gradual de opiniones al respecto y que, en sus comienzos, las casas prefabricadas de madera tuvieron escasa aceptación, debido al poco conocimiento de la madera que tenían los usuarios de la zona central del país y a la tradición de construir con ladrillos.

Se hace mención, además, al menor precio que tienen estas casas, lo que induce a un mayor número de personas a interesarse por ellas.

Igualmente, las cualidades antisísmicas de estas viviendas han tenido importancia, pues con posterioridad al sismo del 28 de marzo de 1965, se notó gran interés por construir con madera.

5.8.2 FUTURO DE LA INDUSTRIA DE CASAS PREFABRICADAS:

La consulta fue: ¿Cree Ud. que este tipo de industria tomará auge en un futuro cercano?

Todos los empresarios expresaron su confianza en cuanto a las posibilidades futuras de la industria y al auge que experimentará.

Las razones que se dan son, principalmente, el gran déficit habitacional del país y el impulso que el Gobierno debe dar a la construcción para solucionar este problema, considerando que el bajo costo de este sistema constructivo permitirá, con los mismos recursos, edificar más unidades.

Varios empresarios expresaron la intención de ampliar sus instalaciones.

Se insiste en que la calidad de las viviendas será decisiva en el futuro de la industria de casas prefabricadas.

Indican, además, que existen mercados potenciales amplios, incluso de exportación, no sólo para la casa entera, sino también para partes o elementos de dichas casas.

5.8.3 ROL DEL INSTITUTO FORESTAL EN EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA:

A cada empresario se le dio a conocer brevemente la labor realizada por el Instituto y los fines que éste persigue; enseguida se les planteó la siguiente pregunta: ¿Cuál cree Ud. que podría ser la acción concreta de un organismo como el Instituto Forestal para impulsar el desarrollo de las industrias de prefabricación en Chile?

Como era de esperar, hubo una gran variedad de respuestas, pero hay algunas que se repiten y son, principalmente: la normalización de los perfiles y escuadrías de la madera y también la selección y calificación de las casas prefabricadas, con miras a otorgar sellos de calidad. Otra conclusión fue la necesidad de contar con normas modernas de construcción en madera.

Aparte de la labor de divulgación del método constructivo, se propone que el Instituto obtenga créditos para maquinarias, herramientas de elaboración, secadores y plantas de impregnación, que impulse modificaciones en la tramitación de los permisos municipales y de las distintas Direcciones (Agua Potable, Alcantarillado, Servicios Eléctricos, etc.), simplificándolos y haciéndolos más expeditos. Además, se indica que la asesoría técnica es indispensable.

5.9 ELEMENTOS PREFABRICADOS DE MADERA

En este estudio no se consideraron aquellas fábricas que producen tableros de madera, de fi-

bra, aglomerados, prensados, etc., pero que no arman paneles destinados a la construcción. Tampoco se han considerado aquellos productos de madera que puedan utilizarse tanto en casas prefabricadas de madera como en casas de construcción tradicional, como ser: puertas, ventanas, parquet, etcétera.

Son elementos prefabricados de madera los componentes para ser ensamblados y reunidos por el mismo u otros fabricantes para montar una casa. Entre estos elementos se pueden considerar: vigas de cielo precortadas y preparadas para el montaje en obra; vigas de cielo formando paneles, con elementos de cielo y/o techumbre incluidos; cerchas livianas (clavadas, encoladas o con conectores de placas metálicas dentadas); secciones completas de techo; vigas de piso precortadas y preparadas para el montaje en obra; vigas de piso formando paneles con entablados machihembrados; pie derechos y soleiras precortadas; paneles de muro armados, etc.

Al respecto, la industria chilena está muy limitada, pues prácticamente no existen elementos de este tipo que puedan adquirirse. Solamente dos de las fábricas ofrecen elementos estructurales para la venta: cerchas.

Aunque existen numerosos sistemas de prefabricación en madera, la fabricación de componentes para la industria de la construcción tiene expectativas de éxito, si se ofrecen componentes normalizados para techos, pisos y muros, que puedan ser armados rápida y fácilmente en obra, usando técnicas de montaje en seco.

Si se diseñan y detallan estos componentes cuidadosamente, ofreciéndose un rango de dimensiones usuales, los diseñadores, arquitectos, ingenieros y constructores podrán utilizarlos en una gran variedad de viviendas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

No es posible desarrollar un programa de construcciones de envergadura si no se efectúan cambios drásticos en la organización y en las técnicas de construcción, y en la manera de enfocar los problemas.

Es indispensable recurrir a elementos prefabricados o semifabricados para sacar de la obra los procesos que en la industria encuentran un lugar lógico para desarrollarse. De esta manera, mediante la aplicación de los procesos industriales de fabricación en serie y de estandarización,

se obtendrán elementos de mejor calidad y más bajo costo.

La madera ha demostrado ser un valioso y excelente material para la prefabricación de viviendas.

Es necesario impulsar la normalización de los diversos elementos constitutivos de la vivienda, de modo que la industria pueda desarrollarse más libremente y no verse atada a la imposibilidad de intercambiar materiales.

Debe insistirse en normas de calidad mínima,

mediante una acción conjunta del Instituto Forestal y de una posible Asociación de Fabricantes de Casas Prefabricadas de Madera. De esta manera, sólo podrían llamarse casas prefabricadas de madera aquellas que cumplieran con los requisitos impuestos, velando siempre que la calidad tenga un nivel aceptable. Esto traería como consecuencia una recuperación del prestigio, que en parte ha perdido este tipo de viviendas, y una competencia ventajosa entre aquellos fabricantes que se interesan seriamente por la calidad de sus productos.

Deben estudiarse las soluciones constructivas más adecuadas para las diversas condiciones climáticas que prevalecen en el país. En este aspecto, debe darse fundamental importancia al

hecho de haberse constatado en Chile la presencia de termitos.

En un país con características sísmicas como el nuestro, deben tomarse precauciones en cuanto a los anclajes de la estructura y a la rigidez de ésta, por estar sometida a esfuerzos horizontales.

Finalmente, estimamos que es urgente que los organismos ejecutivos y responsables de fijar una política habitacional para el país estudien seriamente la aplicabilidad de los sistemas constructivos en base a elementos prefabricados de madera, revisen las normas actuales, que en ciertas ocasiones traban la construcción con madera, dicten normas modernas y establezcan un control adecuado para que sean cumplidas por los constructores de casas prefabricadas de madera.

7. BIBLIOGRAFIA

1. ANDERSON, L. O. Guides to improved framed walls for houses. Madison, Wis., U. S. Forest Service, 1965. 28 p. ilustr. (FPL Research Paper N° 31).
2. ——— and Heyer, O. C. Wood-frame house construction. Wash., D. C. USDA Forest Service, 1955. 235 p. ilustr. (Agriculture Handbook N° 73).
3. AUCA. Arquitectura, Urbanismo, Construcción, Arte. Santiago, Chile, 1966. N° 4 junio-julio. Prefabricación en Chile. Edición especial.
4. BRAVO L. Casas experimentales CORVI 1959-1962. Santiago, Chile, Instituto de la Vivienda, Universidad Católica de Chile, 1965.
5. CANADA. Ministry of Trade and Commerce. Canadian timber frame techniques in industrialized buildings. Ottawa, Ministry of Trade and Commerce, s/f. Carpeta de divulgación.
6. ICEKSON, A. The racking resistance of structural panels used in timber house construction. A review of present information. London, Imperial College of Science and Technology, 1966. 151 p. ilustr. (Thesis for the degree of MSc in the University of London).
7. INSTITUTO Chileno del Acero. La Construcción en 1965. Santiago, Chile, ICHA, 1966. Informe abril 1966.
8. JORQUERA, Luis. Breve panorama de los sistemas constructivos para viviendas económicas de uno y dos pisos. Santiago, Chile. Centro de la Vivienda y Construcción, Universidad de Chile, 1963. 26 p. ilustr. Informe N° 11 junio 1963.
9. PLATTS, R. E. Design for prefabrication. Ottawa, National Research Council, Division of Building Research, 1964. Housing Note N° 23. Reprinted from: Canadian Builder 14 (12): 24-26.
10. ——— How will prefabrication affect your house building business? Ottawa, National Research Council, Division of Building Research, 1964. Housing Note N° 22. Reprinted from: Canadian Builder 14 (12): 22-24.

11. ——— Shops for wood-frame house prefabrication. Ottawa, National Research Council, Division of Building Research. Housing Note Nº 24. Reprinted from: Canadian Builder 14 (12): 27-29.
12. REVISTA de la Construcción. Santiago, Chile. Cámara Chilena de la Construcción, 1966. 4 (47)-(48).
13. TECNICA y Creación. Santiago, Chile. Instituto de Edificación Experimental, Universidad de Chile, 1966. N.os 9-10.
14. TIMBER in system building. Reprints from: Industrialized Building Systems and Components. May 1966. 30 p. with additional information. Issued by Timber Research and Development Association, Highwycombe, Bucks., England.
15. VIVIENDA, La. Santiago, Chile. Centro Científico de la Vivienda, Universidad de Chile, 1954. 1 (2), 1958 4 (6), (7).
16. WHITTEMORE, H. L. and Stang, A. H. Structural Properties of Palisade Homes Constructions for Walls, Partitions and Floors. Wash., U. S. National Bureau of Standards, 1940. (Report BMS 37).
17. WILLATTS, W. H. Timber and plywood components for industrialized building. Reprinted from: Wood 1966, august, september, october, november. 8. p.

ANEXO 1

Modelo del cuestionario utilizado por el Instituto Forestal en la encuesta a las industrias de prefabricación de madera en 1965.

ENCUESTA DE INDUSTRIAS DE CASAS PREFABRICADAS

INSTITUTO FORESTAL

Sección Industrias y Productos Forestales

Nombre Industria o razón social:

Dirección Fábrica:

Casilla:

Teléfono:

Dirección Oficinas:

Casilla:

Teléfono:

Nombre Gerente:

Nombre persona encuestada:

Nombre arquitecto o persona responsable del diseño:

Dirección:

Zonas que abarcan las ventas: a) actual

b) posible

Plazos de entrega:

1. Tipos de viviendas fabricadas

Tipo	m ²	Producción anual actual		Capacidad anual		Precio de venta actual	
		Viviendas	m ²	Viviendas	m ²	Viviendas	m ²
A							
B							
C							
D							
E							
TOTAL							

Observaciones:

Nota.—Especificar (subrayar lo que corresponda) si se incluyen en el precio de venta: permisos municipales, instalación de faenas, cierros, fundaciones, rellenos, radier, instalación de alcantarillado, agua potable (artefactos), gas y electricidad, vidrios, quincallería, closets, muebles de cocina, pinturas.

2. Consumos de madera

Especies	
Casa Tipo A	Consumo/m ² Consumo/viv. Usos Tratamientos
Casa Tipo B	Consumo/m ² Consumo/viv. Usos Tratamientos
Casa Tipo C	Consumo/m ² Consumo/viv. Usos Tratamientos
Casa Tipo D	Consumo/m ² Consumo/viv. Usos Tratamientos
Casa Tipo E	Consumo/m ² Consumo/viv. Usos Tratamientos

Nota.—Deberán indicarse con claridad las unidades de medida.

3. Características generales del sistema empleado

Nota.—Indicar en lo posible un esquema con la característica principal.

4. Módulo:

Altura:

5. Fundaciones:

- a) cimientos
- b) sobrecimientos

6. Muros

- a) Características y dimensiones
- b) Estructura
- c) Revestimientos o rellenos
- d) Aislación
- e) Sistema de unión:
 - i) Entre sí
 - ii) Con el piso
 - iii) Con el cielo

7. Techumbre

- a) Estructura
- b) Cubierta
- c) Cielo
- d) Aislación

8. Pisos

- a) Base
- b) Pavimento

9. Puertas

- a) Marcos
- b) Hojas

10. Ventanas

11. ¿Considera usted que las casas de madera prefabricadas tienen aceptación entre el público? En caso contrario, ¿cuáles son, a su juicio, los motivos principales?

12. ¿Cree usted que este tipo de industria tomará auge en un futuro cercano?

13. Mencione usted cuál podría ser la acción concreta de un organismo como el Instituto Forestal para impulsar el desarrollo de la industria de prefabricación en Chile.

Fecha de la Encuesta:

